

ROSIANE DE ARAÚJO SILVA

**LEVANTAMENTO DA COMUNIDADE DE CIANOBACTÉRIAS EM  
TRECHOS DO RIO TURVO SUJO, LOCALIZADOS NAS  
PROXIMIDADES DA CIDADE DE VIÇOSA, MG**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Botânica, para obtenção do título de  
*Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2008

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S586L  
2008

Silva, Rosiane de Araújo, 1983-  
Levantamento da comunidade de cianobactérias em trechos do Rio Turvo Sujo, localizado nas proximidades da cidade de Viçosa, MG / Rosiane de Araújo Silva. – Viçosa, MG, 2008.  
xiii, 52f.: il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Rosane Maria Aguiar Euclides.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 46-52.

1. Cianobactéria. 2. Água - Qualidade - Viçosa (MG).  
3. Água - Análise. 4. Controle de qualidade da água.  
5. Abastecimento de água - Viçosa (MG). 6. Recursos hídricos. 7. Turvo Sujo, Rio (MG). I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

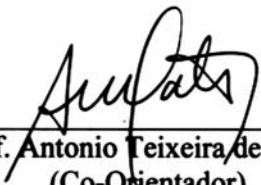
CDD 22.ed. 579.39


ROSIANE DE ARAÚJO SILVA

**LEVANTAMENTO DA COMUNIDADE DE CIANOBACTÉRIAS EM  
TRECHOS DO RIO TURVO SUJO, LOCALIZADOS NAS  
PROXIMIDADES DA CIDADE DE VIÇOSA, MG**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Botânica, para obtenção do título de  
*Magister Scientiae*.


APROVADA: 21 de fevereiro de 2007.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Antonio Teixeira de Matos  
(Co-Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Paulo Roberto Cecon  
(Co-Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Maurício Dutra Costa

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Ann Honor Munteer

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Rosane Maria Aguiar Euclides  
(Orientadora)

"... Depois de algum tempo você aprende que as circunstâncias e os ambientes têm influência sobre nós, mas nós somos responsáveis por nós mesmo... você começa a aprender que não se deve comparar com os outros, mas com o melhor que se pode ser... descobre que leva muito tempo para se tornar à pessoa que se quer ser, e que o tempo é curto. Aprende que não importa aonde já chegou, mas onde está indo, mas se você não sabe para onde está indo, qualquer caminho serve. Aprende que, ou você controla seus atos, ou eles o controlarão... e que ser flexível não significa ser fraco, ou não ter personalidade, pois não importa quão delicada e frágil seja uma situação, sempre existem, pelo menos, dois lados. Aprende que heróis são pessoas que fizeram o que era necessário fazer, enfrentando as conseqüências. Aprende que paciência requer muita prática... aprende que maturidade tem mais a ver com os tipos de experiência que se teve e o que você aprendeu com elas, do que com quantos aniversários você celebrou... aprende que há mais dos seus pais em você do que você supunha... aprende que o tempo não é algo que possa voltar... Portanto, plante seu jardim e decore sua alma, ao invés de esperar que alguém lhe traga flores... e você aprende que realmente pode suportar... que realmente é forte, e que pode ir muito mais longe depois de pensar que não se pode mais... e que realmente a vida tem valor e que você tem valor diante da vida...!"

William Shakespeare

Aos meus pais, Antônio e Maria Francisca, e minha irmã Franciane que sempre estiveram ao meu lado, com seus ensinamentos de caráter para enfrentar a vida sem medo de arriscar.

## **AGRADECIMENTOS:**

A escolha deste caminho permitiu-me encontrar pessoas que nunca me deixariam sozinha, as quais me ajudaram a trilhá-lo para que eu conseguisse alcançar meus objetivos. Trago sempre comigo muito carinho e gratidão a todos.

A Deus e Nossa Senhora, pela presença incondicional na minha vida, iluminando meu caminho e me dando forças a cada amanhecer para que eu não desanimasse nos momentos difíceis.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de desenvolver esse trabalho.

Ao CNPq, pelo financiamento da bolsa de mestrado.

À FAPEMIG, pelo apoio financeiro ao meu projeto de pesquisa.

A professora Rosane Maria de Aguiar Euclides, pela orientação, amizade, alegria e seus ensinamentos, contribuindo em muito para meu crescimento profissional e pessoal.

Aos meus co-orientadores, professores Antonio Teixeira Matos e Paulo Roberto Cecon pelas sugestões e críticas construtivas ao longo do meu trabalho.

Aos meus pais, Antônio e Maria Francisca, por todo seu amor e ensinamentos, pela minha formação tanto pessoal quanto profissional, além da confiança e apoio nas minhas decisões, minha eterna gratidão.

A minha irmã Franciane Araújo, pelo seu amor, carinho, sempre me incentivando e apoiando, sendo um exemplo a seguir.

Ao meu irmão Mabison e à minha vó Francisca que estão sempre torcendo por mim e me apoiando.

Aos meus avós, Domingo Nôa (*in memoriam*) e Ceci Rodrigues (*in memoriam*), pelo amor e pela torcida para que eu conseguisse sempre realizar meus sonhos. Infelizmente não puderam estar aqui para ver mais esse sonho concretizado

Ao professor Francisco Barbosa, à bióloga Simone Braz e a Débora Chaves do Laboratório de Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre/UFMG, pela ajuda na realização da análise de sílica.

A todos os professores da pós-graduação, pelo carinho e dedicação ao repassar seus conhecimentos.

A minha amiga-irmã Josiane Araújo, pela amizade e companheirismo, tanto nas horas de grande alegria quanto nos momentos difíceis.

Às minhas amigas, Adriana Magalhães e Elisa Monteze, pela grande amizade que se formou entre nós e a enorme ajuda para a realização desse trabalho, além das palavras de apoio nos momentos difíceis.

Aos meus queridos amigos, Genilson Alves, Rakel Sena e Andréia Carvalho, por estarem sempre presentes mesmo distantes.

Ao Sebastião Vasconcelos, pela amizade e ajuda nas análises estatísticas.

Às minhas queridas amigas Larisse, Maria Lita e Eliane, pela bela amizade formada entre nós.

Aos amigos Jaqueline, Karina, Marina, Bruno, Cristina, Cleber José (Rayovac), Virgínia e Ana Cláudia.

Ao Ângelo Valentim, por ter sido um anjo, sempre que precisei de sua ajuda.

Ao Fábio (SAAE-Viçosa) e ao Diego (UFOP/UFV), pela ajuda e companheirismo nos momentos das coletas.

Aos técnicos da UCP/UFV, Rogério Gomide e João pela ajuda oferecida.

A Flávia Barros e Débora Astoni (DEA), pela ajuda na realização das análises físicas e químicas.

À turma do laboratório/UCP, Rogerinho, Joyce, Renan, Emanuelle, Alberto, Eduardo, Cláudio, Matheus, Carol Jaramilo, Viviane, Letícia, Patrícia Nolasco, Michelle, Maione e Claudineia, pelos momentos de descontração e alegria.

Às professoras e amigas, Márcia Percília, Francisca Lúcia e Socorro Viana, por terem me iniciado no mundo da pesquisa durante minha graduação, obrigada pela amizade e pelos ensinamentos, eles muito me ajudaram.

Ao Marcos Magalhães, pela ajuda nas medições das coordenadas do meu trabalho.

A todos os meus amigos que, mesmo distantes, torceram por mim, mandando pensamentos positivos para que tudo ocorresse bem.



## **BIOGRAFIA**

ROSIANE DE ARAÚJO SILVA, filha de Antônio da Cruz Silva e Maria Francisca de Araújo Silva, nasceu a 05 de agosto de 1983, em Teresina, Estado do Piauí.

Fez o curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas na Universidade Estadual do Piauí/UESPI, Teresina-PI, concluindo-o em abril de 2005.

Em fevereiro de 2006 iniciou o Programa de Mestrado em Botânica na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa/Minas Gerais, concluindo os requisitos para a obtenção do título de “*Magister Scientiae*” em fevereiro de 2008.

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO .....	x
ABSTRACT .....	xii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1. Ecossistemas Aquáticos .....	4
2.2. Rio Turvo Sujo .....	6
2.3. Eutrofização .....	6
2.4. Cianobactérias e Cianotoxinas .....	7
2.5. Qualidade da água .....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	14
3.1. Área de estudo .....	14
3.2. Coleta de amostras .....	17
3.3. Variáveis físicas e químicas .....	17
3.4. Variáveis biológicas .....	19
3.4.1. Análise qualitativa e quantitativa da comunidade de cianobactéria .....	19
3.4.2. Isolamento e obtenção de culturas unialgais .....	19
3.4.3. Manutenção de culturas em laboratório .....	20
3.4.4. Determinação de clorofila <i>a</i> em água bruta .....	20

	Página
3.4.5. Densidades de indivíduos.....	20
3.5. Análise de similaridade.....	20
3.6. Índice de estado trófico (IET).....	21
3.7. Frequência de ocorrência.....	21
3.8. Análise estatística dos dados.....	22
4. RESULTADOS.....	23
4.1. Variáveis físicas e químicas.....	23
4.2. Variáveis biológicas.....	26
4.2.1. Isolamento das cianobactérias.....	26
4.2.2. Determinação de clorofila <i>a</i> em água bruta.....	26
4.2.3. Densidade de indivíduos (cels.mL <sup>-1</sup> ).....	28
4.2.4. Descrição de gêneros/espécies.....	29
4.2.5. Similaridade entre as espécies.....	33
4.2.6. Índice de Estado Trófico.....	34
4.2.7. Frequência de Ocorrência.....	35
4.2.8. Análise estatística dos dados.....	35
5. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO.....	37
5.1. Variáveis físicas e químicas.....	37
5.2. Variáveis biológicas.....	42
6. CONCLUSÕES.....	45
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

## RESUMO

SILVA, Rosiane de Araújo, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2008. **Levantamento da comunidade de cianobactérias em trechos do Rio Turvo Sujo, localizados nas proximidades da cidade de Viçosa, MG.** Orientadora: Rosane M. Aguiar Euclides. Co-orientadores: Antonio Teixeira de Matos e Paulo Roberto Cecon.

A qualidade das águas em várias regiões do mundo tem revelado o descaso com que são tratadas as descargas industriais, urbanas e agrícolas, acarretando, muitas vezes, o crescimento acelerado de espécies de cianobactérias. O presente trabalho teve como objetivos avaliar a ocorrência de cianobactérias no Rio Turvo Sujo, um dos rios responsáveis pelo abastecimento do município de Viçosa-MG, e caracterizar as variáveis físicas, químicas e biológicas associadas à ocorrência desses microrganismos em trechos sob influência antrópica. As amostras de água foram coletadas de abril a novembro de 2007, em cinco pontos de amostragem ao longo do rio. Foram analisadas as variáveis físicas e químicas: temperatura, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio (total, amônio e nitrato), fósforo (total, ortofosfato, fosfato orgânico dissolvido e fósforo particulado), sílica, transparência e velocidade da água. As variáveis biológicas incluíram: clorofila-**a**, densidade de indivíduos, análise de similaridade, índice de frequência e estado trófico. As espécies isoladas foram mantidas em sala de crescimento sob condições

fotoautotróficas. Os valores obtidos com as análises físicas e químicas estiveram dentro do estabelecido na Resolução CONAMA 357/05 para corpos d'água de classe 2, com exceção do  $P_T$  (mês de julho) e da DBO (exceto o mês de julho), os quais apresentaram concentrações acima do estabelecido e do OD (mês de novembro) que esteve abaixo do estabelecido pela referida Resolução. Durante o período de estudo foram identificados 12 táxons, os quais foram distribuídos em 4 ordens. A ordem Nostocales foi a mais representativa com 8 gêneros: *Cylindrospermum licheniforme*, *Anabaena ambigua*, *Nostoc* cf. *muscorum*, *Nostoc* cf. *carneum*, *Nostoc commune*, *Nostoc* sp.<sup>(1)</sup>, *Nostoc* sp.<sup>(2)</sup> e *Calothrix* sp.; seguida pela ordem Oscillatoriales com 2 gêneros: *Pseudoanabaena catenata* e *Phormidium* sp. e Chroococcales (*Synechococcus nidulans*) e a ordem Stigonematales (*Scytonema* sp.) com apenas 1 gênero. A densidade de células de cianobactérias registrada durante o período de monitoramento esteve abaixo do exigido na Portaria do Ministério da Saúde Nº 518/04. Com base no Índice de Estado Trófico, foi registrado o grau de oligotrofia do Rio Turvo Sujo. Não houve influência das variáveis físicas e químicas com o aparecimento das cianobactérias nos pontos estudados. A realização de um monitoramento mensal dos rios torna-se importante como prática de prevenção e controle da ocorrência de cianobactérias. O estudo realizado no Rio Turvo Sujo comprovou a eficácia do monitoramento mensal dos rios e a sua importância como prática de prevenção para a conservação da qualidade de suas águas e o controle de possíveis florações.

## ABSTRACT

SILVA, Rosiane de Araújo, M.Sc., Federal University of Vicosa, February of 2008.  
**Cyanobacteria community survey in areas of the Turvo Sujo River, located in the proximities of the city of Vicosa, MG.** Advisor: Rosane M. Aguiar Euclides. Co-Advisors: Antonio Teixeira de Matos and Paulo Roberto Cecon.

Water quality found in several regions of the world have revealed the neglectance in which industrial, urban and agricultural discharges have been treated which leads, constantly, to the accelerated growth of cyanobacteria strains. The aim of this study was to assess the occurrence of cyanobacteria in the Turvo Sujo River, one of the responsible rivers for the water supply in the city of Vicosa-MG, as well as to characterize the physical, chemical and biological characteristics associated with the occurrence of these microorganisms in sites under anthropogenic influence. Water samples were collected from April to November of 2007, in five sampling points along the river. Physical and chemical parameters were analyzed: temperature, pH, electric conductivity, dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), nitrogen (total, ammonium and nitrate), phosphorus (total, orthophosphate, dissolved organic phosphate and particulated phosphorus), silica, water transparency and water flow. Biological characteristics included: chlorophyll-a, individual density, similarity analyses, frequency index and trophic state. The isolated species were kept in a growth room under photoautotrophic conditions. The values obtained through the physical and

chemical analyzes were within established in the CONAMA Resolution 357/05, for class 2 water bodies, with the exception of the PT (for the month of July) and BOD (except the month of July), which presented concentrations above the established one; and the OD (for the month of November), which was below the established concentration according to the same resolution. During the studied period 12 taxa were identified, which were distributed in 4 orders. The order Nostocales was the most representative one with 8 genera: *Cylindrospermum licheniforme*, *Anabaena ambigua*, *Nostoc cf. Muscorum*, *Nostoc cf. Carneum*, *Nostoc commune*, *Nostoc* sp. (1), *Nostoc* sp. (2) and *Calothrix* sp.; Followed by the Oscillatoriales order, with 2 genera: *Pseudoanabaena catenata* and *Phormidium* sp., and Chroococcales (*Synechococcus nidulans*) and the Stigonematales (*Scytonema* sp.) order, with only 1 genera. Recorded cyanobacteria cell density throughout the monitoring time was shown to be below its requirement, under the legislation MS N° 518/04. Based on the Index of Trophic State, a degree of oligotrophy was recorded on the Turvo Sujo River. There was no influence of physical and chemical parameters with the emergence of cyanobacteria in the studied sites. Monthly monitoring of rivers become important as a practice in the prevention and control of the cyanobacteria occurrence. The research conducted in the Turvo Sujo River showed the effectiveness of monthly monitoring of rivers and its importance as a practice of prevention in the conservation of the quality of waters and control of possible blooming.

## **1. INTRODUÇÃO**

Os rios são sistemas complexos utilizados para inúmeros propósitos, atendendo às necessidades industriais e domésticas, as quais podem resultar em profunda mudança na biota aquática (PETRUCIO, 2003). Esses cursos d'água apresentam natureza dinâmica, quer nos aspectos físicos, químicos e biológicos, sendo sede de contínuas modificações que ocorrem naturalmente, além das transformações que lhe são impostas pelo homem e por meio do processo de autodepuração procuram eliminá-las, numa tentativa permanente de readquirir suas características anteriores (BRANCO, 1983).

As conseqüências do lançamento de esgotos domésticos ou industriais em corpos d'água variam de acordo com a vazão do rio em relação à carga lançada, à velocidade de escoamento, à profundidade, à turbulência, à temperatura e a outros fatores relacionados com a capacidade de autodepuração do curso d'água (BRANCO, 1983).

A bacia hidrográfica tem que ser considerada como uma unidade quando se deseja a preservação dos recursos hídricos, já que as atividades desenvolvidas no seu interior têm influência sobre a qualidade das águas. A necessidade, cada vez maior, de obtenção de água na quantidade e qualidade desejadas, para os seus diversos usos, leva à necessidade de se planejar e coordenar sua utilização, considerando suas características físicas, químicas e biológicas (SANTOS, 2001).

No Brasil, o elevado crescimento populacional urbano tem acarretado um aumento da eutrofização nos ecossistemas aquáticos continentais que, por sua vez,



tem resultado no enriquecimento de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo (SILVA, 2005).

A qualidade das águas, em muitas regiões do mundo, revela o descaso com que foram tratadas, nos últimos anos, as descargas industriais, urbanas e provenientes da agricultura, assim como a má utilização e o planejamento inadequado deste recurso. As águas, ao receberem grande aporte de matéria orgânica, podem apresentar desequilíbrio de nutrientes e, juntamente com a luz, acelerar as taxas de fotossíntese da comunidade fitoplanctônica. Portanto, em águas eutrofizadas, podem ocorrer florações de microalgas, cianobactérias e macrófitas aquáticas, ressaltando-se o crescimento acelerado de espécies tóxicas de cianobactérias (MATSUZAKI *et al.*, 2004).

As cianobactérias fazem parte do fitoplâncton natural e são essenciais no ecossistema aquático. São organismos fotoautotróficos que apresentam formas unicelulares, coloniais ou filamentosas. Sua organização celular demonstra que esses microrganismos são procariontes e, portanto, muito semelhantes bioquímica e estruturalmente às bactérias (SILVA, 2005).

A capacidade de crescimento das cianobactérias nos mais diferentes habitats é uma das características marcantes desses organismos. Ocorrem em ampla diversidade de habitats, principalmente aquáticos, em águas permanentes ou temporárias, além de estarem presentes em solos, rochas, gelo e neve (FUNASA, 2003). A presença das cianobactérias em ambientes tão diversos e distintos deve-se às várias estratégias metabólicas que utilizam e que podem explicar o sucesso das mesmas em lidar com as pressões seletivas nestes ambientes (LEE, 1999).

As florações de cianobactérias são estimuladas por fatores físicos e químicos, tais como pH elevado, temperatura da água acima de 20 °C, ambientes com pouca luminosidade, baixas razões N/P e baixas concentrações de CO<sub>2</sub>, além de fatores biológicos como capacidade de armazenar eficientemente o fósforo e a presença de aerótopos que auxiliam na flutuação (ou deslocamento no interior da coluna d'água) (CALIJURI *et al.*, 2006). Esses conjuntos de fatores fornecem às cianobactérias grande vantagem adaptativa, uma vez que entre a comunidade fitoplanctônica, esses organismos têm despertado grande interesse, não só pela distribuição cosmopolita das espécies e elevado número de cepas tóxicas, mas principalmente por formarem florações nos ambientes eutrofizados, o que representa um grave problema para a saúde pública em todo o mundo (SILVA, 2005).

A bacia hidrográfica do Rio Doce é uma das principais bacias localizadas inteiramente na região sudeste do país, atravessando a Zona da Mata Mineira. As principais sub-bacias encontradas no entorno da cidade de Viçosa-MG e pertencentes à bacia do Rio Doce são a do Rio Turvo Sujo e Ribeirão São Bartolomeu. A grande importância dessas duas bacias reside no fato de abrigarem pontos de captação de água para as estações de tratamento de água, sob a responsabilidade do Serviço de Abastecimento de Água e Esgotos de Viçosa (SAAE-Viçosa) e da Divisão de Tratamento de Águas da Universidade Federal de Viçosa / UFV (ETA-UFV).

A bacia do Ribeirão São Bartolomeu é responsável, juntamente com a bacia do Rio Turvo Sujo, pelo abastecimento da cidade de Viçosa. A primeira recebe descarga grande de efluentes provenientes de esgotos domésticos e de áreas utilizadas para agropecuária, sendo caracterizada pela presença de pequenas propriedades rurais (FONTES *et al.*, 2006). Estudos realizados na sub-bacia do Rio Turvo Sujo demonstraram a preocupação com a qualidade e a crescente contaminação de seus cursos d'água, devido aos lançamentos domiciliares e águas residuárias provenientes de suinocultura (SANTOS, 2001).

Devido à existência de áreas sob a influência antrópica, nas margens do Rio Turvo Sujo, as quais contribuem para promover as alterações físicas, químicas e biológicas de suas águas, torna-se necessário o monitoramento do rio, especialmente, no que se refere à ocorrência de cianobactérias nas áreas sujeitas às ações antrópicas. Desta forma, os resultados desse estudo poderão contribuir, efetivamente, para o controle da qualidade da água do rio, o qual tem grande importância para a cidade de Viçosa, MG.

No presente estudo avaliou-se a ocorrência de cianobactérias no Rio Turvo Sujo, município de Viçosa-MG, caracterizando-se as variáveis físicas, químicas e biológicas associadas à ocorrência desses microrganismos em trechos sob a influência antrópica, além de isolar e identificar, taxonomicamente, gêneros/espécies fitoplanctônicos de cianobactéria.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Ecossistemas Aquáticos**

A Lei 9433 de 08/01/1997, que rege a Política Nacional dos Recursos Hídricos, estabelece em seus fundamentos que a água é um recurso natural limitado e deve ser gerenciado, a fim de proporcionar múltiplos usos. As diretrizes gerais de ação da Política Nacional dos Recursos Hídricos contam com a gestão sistemática dos recursos hídricos sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade e com a adequação dessa gestão às diversidades regionais do país, integradas com a gestão ambiental (BRASIL, 2002).

A composição variável das águas dos rios é determinada pela temperatura e umidade relativa do ar, ventos, índice pluviométrico, composição da água da chuva, tipo de rochas e vegetação, e vazão do curso d'água (FRITZSONS *et al.*, 2003). Segundo MARGALEF (1983), com base na qualidade da água de um rio, pode-se estimar a integridade da bacia hidrográfica de origem.

Existem importantes diferenças entre ecossistemas lóticos e lênticos. Em ambientes lóticos ocorre fluxo contínuo, unidirecional, ausência de estratificação térmica e alta variação das condições físicas e químicas da água, devido à presença característica da correnteza. Os rios e riachos apresentam variações estruturais ao longo do seu percurso, provocando a formação de diversos tipos de ambientes, desde locais rasos até aqueles com grandes profundidades. A erosão é característica de

ambientes de águas correntes (lóticos) e não de ambientes lênticos, tornando mais intenso o fluxo de materiais e nutrientes nos primeiros (KRUPEK, 2006).

As bacias são consideradas excelentes unidades de gestão dos elementos naturais e sociais, sendo possível acompanhar as mudanças introduzidas pelo homem e as respectivas respostas da natureza, podendo ainda ser utilizadas como unidades de planejamento e gerenciamento, compatibilizando os diversos usos e interesses pela água, garantindo sua qualidade e quantidade. A expansão urbana e a industrialização, por um lado, e a pecuária e a agricultura intensiva, por outro, exigem quantidades cada vez maiores de água e, na maioria das vezes, agravam a qualidade das águas dos recursos hídricos disponíveis (SANTOS, 2001).

As bacias hidrográficas sofrem, ao longo do tempo, os impactos provocados pela proliferação das atividades antrópicas. No Brasil, a deterioração dos rios, represas, lagos e outros mananciais vêm comprometendo a qualidade da água, a manutenção dos habitats aquáticos, a biodiversidade e a própria saúde humana (GENTIL, 2000).

A ocupação dos espaços rurais e urbanos, realizada sem planejamento adequado, é fator importante que contribui para a poluição, sendo que a contaminação dos cursos d'água confere risco de agravo à saúde humana (MARQUES, 2006).

Os rios têm sofrido inúmeras degradações devido à influência humana, destacando-se dentre as mais freqüentes a modificação na forma dos canais e no fluxo de água devido à construção de barragens e reservatórios para usos múltiplos da água (MADDOCK, 1999).

A água, de modo geral, contém impurezas, as quais podem estar presentes em maior ou menor quantidade dependendo da sua procedência e destino. Muitas das impurezas veiculadas na água podem alcançar níveis que causam malefícios ao homem e ao ambiente (SANTOS, 2001).

A avaliação de um corpo d'água, por meio do estudo da comunidade aquática e das características físicas e químicas do ambiente, as quais interagem com os organismos, torna-se relevante para o conhecimento de toda a dinâmica dos seres vivos e dos fatores abióticos, determinando os agentes causadores das alterações e as conseqüências geradas para o ecossistema (GENTIL, 2000).

As cianobactérias e microalgas são, entre as populações de organismos planctônicos, os que mais se destacam nos ambientes de água doce e, por

apresentarem espécies tolerantes e sensíveis à poluição, respondem prontamente às mudanças ocorridas no meio em razão das variações na composição qualitativa e quantitativa do fitoplâncton (STOERMER 1984; BRANCO, 1986).

## **2.2. Rio Turvo Sujo**

O Rio Turvo Sujo é afluente do Rio Turvo Limpo, localizado nas cabeceiras do Rio Doce, na Zona da Mata Mineira. Percorre os municípios de Viçosa, Guaraciaba, Ervália, Coimbra, Cajuri, São Miguel do Anta e Teixeiras.

O Rio Turvo Sujo, juntamente com o Ribeirão São Bartolomeu, são responsáveis pelo abastecimento da cidade de Viçosa, um dos mais importantes municípios da Zona da Mata, com população de, aproximadamente, 80 mil habitantes. Além do abastecimento da cidade, o rio é utilizado para recreação, como a pesca e também como receptor de esgotos domésticos da cidade.

Os processos de expansão urbana de Viçosa, além da implantação de pastagens e cultivos agrícolas, provocaram a substituição da vegetação nativa. Atualmente, as matas remanescentes são constituídas por vegetação secundária, dispersamente localizadas nos topos dos morros (RIBEIRO, 2002).

## **2.3. Eutrofização**

O principal sinal de estabelecimento do processo de eutrofização são alterações nas concentrações da relação nitrogênio/fósforo (N/P) na água, provocando mudanças drásticas nas comunidades biológicas, com reflexo imediato na redução da diversidade das espécies (BICUDO, 1994; DELGADO & GIANI, 1996). Razões de suprimento de nitrogênio total: fósforo total ( $N_T:P_T$ ), são tipicamente altas em bacias hidrográficas bem drenadas e despoluídas. Assume-se que uma razão  $N_T:P_T$  maior que 16:1 reflete limitação por fósforo e uma razão menor que 10:1 reflete limitação por nitrogênio. A baixa razão  $N_T:P_T$  favorece o desenvolvimento das florações de cianobactérias. A razão ótima para algas eucariontes é de 16-23 moléculas de nitrogênio: 1 molécula de fósforo (CHORUS & BARTRAM, 1999).

O processo de eutrofização, sob condições controladas, constitui importante fator para os ecossistemas aquáticos, permitindo o aumento do potencial produtivo.

Porém, em níveis excessivos, acarreta o desequilíbrio ecológico, ocasionando, por exemplo, crescimento intenso de cianobactérias e microalgas, que encontram condições de elevada concentração de nutrientes associada a altas temperaturas e luminosidade (MATSUMARA-TUNDISI *et al.*, 1986).

Os principais efeitos da eutrofização são o florescimento de cianobactérias e microalgas (produção de toxinas), o crescimento de macrófitas, a concentração de matéria orgânica, a anoxia, a deterioração dos valores de recreação e a acentuada queda na biodiversidade de plantas e animais, com efeitos maléficos inclusive sobre a saúde humana (SILVA, 2005).

As florações ou “blooms” caracterizam-se pelo intenso crescimento de cianobactérias na superfície da água, formando densa camada (com vários centímetros de profundidade) de células. As florações são favorecidas pela crescente eutrofização dos ambientes aquáticos, principalmente devido às atividades humanas. A principal fonte desse enriquecimento tem sido a descarga de esgotos domésticos e industriais dos centros urbanos e das regiões agriculturáveis (AZEVEDO & VASCONCELOS, 2006).

Segundo CHORUS & BARTRAM (1999), a Organização Mundial da Saúde tem registrado diversos casos, em diferentes países, de floração de cianobactérias e microalgas que trouxeram prejuízos à saúde humana, direta, por meio do consumo de água contaminada, ou indireta, por meio de atividades de recreação, como os esportes aquáticos.

## **2.4. Cianobactérias e Cianotoxinas**

As cianobactérias são também conhecidas como cianofíceas, algas azuis ou verde-azuladas. Pertencem ao Domínio Bacteria, Phylum Cyanophyta e Classe Cyanophyceae.

As cianobactérias foram os primeiros organismos produtores de oxigênio sobre a terra, o que alterou profundamente toda a composição da atmosfera terrestre e possibilitou a evolução de muitas outras formas de vida. Devido à sua eficiência fotossintética, as cianobactérias e as microalgas formam a base da cadeia alimentar nos ecossistemas aquáticos, sendo as principais responsáveis pela fixação de carbono e produção de oxigênio no planeta (YOO *et al.*, 1995).

A grande tolerância ecológica das cianobactérias é, certamente, produto de sua história evolutiva precoce. São organismos encontrados no mundo todo, habitando desde fontes termais, com pH maior que 5,0 e temperaturas acima de 80°C, até aos oceanos gelados da Antártica. Algumas espécies são encontradas no ambiente terrestre, no solo, sob rochas e desempenham importante papel nos processos de ciclagem de nutrientes. Possuem várias estratégias que lhes permitem dominar os ambientes lacustres eutrofizados, tais como a capacidade de produção de pigmentos acessórios necessários à absorção mais eficiente da luz, a capacidade de estocar nutrientes essenciais e metabólitos secundários, a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico (heterocitos) e acumular gás em “vesículas” gasosas (aerótopos). Esses organismos apresentam extraordinária resistência e sobrevivência em ampla gama de condições de luminosidade, salinidade, temperatura e pH, bem como dessecação prolongado e irradiação UV (CALIJURI *et al.*, 2006).

As cianobactérias são organismos bastante heterogêneos com tamanhos e colorações variadas, podendo apresentar um talo unicelular, colonial ou filamentosos. Possuem uma parede celular constituída de polissacarídeos ligados a polipeptídios, podem ter uma bainha mucilaginosa ou não, membrana plasmática, nucleóide, ribossomos, inclusões de fosfato, proteínas (grânulos de cianoficina) e lipídios. No citoplasma ocorrem lamelas fotossintetizantes. A substância de reserva é semelhante ao glicogênio. Possuem células especializadas para fixação de nitrogênio (heterocito), acinetos (esporo de resistência), e hormogônios, pequenas fragmentos do tricoma/filamento que se destacam originando novos tricomas/filamentos (CALIJURI *et al.*, 2006).

Os ecossistemas de água doce são os ambientes mais apropriados para o desenvolvimento das cianobactérias, pois a maioria das espécies apresenta maior crescimento em águas neutro-alcálinas, com pH entre 6,0 a 9,0, temperaturas entre 15°C e 30°C e alta concentração de nutrientes, principalmente, nitrogênio e fósforo. (CALIJURI *et al.*, 2006).

Normalmente encontradas em ecossistemas aquáticos eutrofizados, as cianobactérias ocorrem especialmente em águas de baixa velocidade de escoamento. No entanto, podem também ocorrer em águas correntes, desde que existam locais de águas mais lentas, denominadas de áreas de remanso, onde podem crescer excessivamente, formando as florações ou “*blooms*” (REIS, 2007). As condições

ambientais favoráveis incluem estabilidade térmica do ambiente, disponibilidade de nutrientes e capacidade de fluabilidade (CALIJURI *et al.*, 2006).

Segundo HUSZAR *et al.* (2000), dentre os principais fatores que controlam a dominância das cianobactérias no ambiente aquático estão a baixa turbulência, baixa luminosidade, baixa relação de mistura na zona fótica, altas temperaturas, baixa concentração de CO<sub>2</sub>, pH elevado, concentração de fósforo total elevada, de nitrogênio total baixo, relação N:P baixa, estratégia para estocar o fósforo, capacidade de minimizar a herbivoria e regulação da flutuação.

Os usos e ocupações das bacias hidrográficas brasileiras, sem planejamento adequado, têm estimulado os processos de eutrofização, favorecendo a proliferação e a predominância de espécies de cianobactérias produtoras de toxinas nas águas (CALIJURI *et al.*, 2006).

As florações das cianobactérias são precedidas, geralmente, por enriquecimento de nutrientes no meio, que coincidem com alterações ambientais favoráveis (MUR *et al.*, 1999).

As cianobactérias são ricas em metabólitos secundários, substâncias biologicamente ativas que não são utilizadas em seu metabolismo primário, mas que apresentam potencial farmacológico, como antibióticos, além de fitohormônios e toxinas (CARMICHAEL, 1992). As toxinas são liberadas na água quando ocorre lise das células, decorrentes do processo de senescência celular ou pela ação de agentes químicos utilizados no tratamento da água. Os mecanismos de toxicidade são diversos e variam os efeitos: hepatotóxicos, neurotóxicos e dermatotóxicos até a inibição geral da síntese proteica. Uma única espécie de cianobactéria pode ser produtora de um ou mais tipos de toxinas, ou simplesmente não possuir genes associados à produção desses compostos (SIVONEN & JONES, 1999).

As intoxicações humanas por cianotoxinas podem ocasionar problemas neurológicos (neurotoxinas), hepáticos (hepatotoxinas) e reações alérgicas (dermatotoxinas). Dentre as neurotoxinas, as mais comuns são as anatoxina-a, anatoxina-a(s) e saxitoxina, que atuam especificamente sobre o sistema nervoso provocando morte por parada respiratória. As hepatotoxinas agem principalmente no fígado, incluem as microcistinas, nodularinas e cilindrospermopsinas, que produzem sintomas como palidez, respiração ofegante, vômito e diarreia. As dermatotoxinas são toxinas irritantes ao contato com a pele, apresentam danos menores que as neurotoxinas e hepatotoxinas (CALIJURI *et al.*, 2006). A exposição humana às



cianotoxinas pode ocorrer, em geral, por diferentes maneiras, tais como o contato primário com águas contendo as toxinas ou por ingestão oral, inalação e intravenosa (MAGALHÃES *et al.*, 2001).

O grupo das cianobactérias está representado por cerca de 150 gêneros, com mais de 2800 morfoespécies identificadas. Destes, cerca de 25 gêneros, com mais de 40 espécies são descritos como produtores de toxinas nocivas aos animais e ao homem (CARMICHAEL, 1994, YOO *et al.*, 1995, SIVONEN & JONES, 1999). Segundo KOMÁREK (2002), este número pode estar subestimado, devido às dificuldades relacionadas com a taxonomia do grupo.

Todas as espécies de cianobactérias são potencialmente produtoras de toxinas, sendo as mais comuns as do gênero *Anabaena*, *Microcystis* e *Cylindrospermopsis*, além de *Nostoc*, *Synechococcus* e *Phormidium*, o último associado também à produção de metilisoborneol-2 (MIB) e geosmina, substâncias que alteram o gosto e odor da água.

Segundo YOO *et al.* (1995), as florações de cianobactérias nem sempre são compostas de espécies potencialmente produtoras de toxinas, entretanto, estudos têm demonstrado que 50 a 70% dessas florações são constituídas por espécies tóxicas (VASCONCELOS, 1994).

Registros de intoxicações humanas por cianotoxinas têm sido documentados em muitos países, tais como, China, África do Sul, Austrália e, inclusive o Brasil. No Brasil, tem sido confirmada a ocorrência de cepas tóxicas em reservatórios de abastecimento público, lagos artificiais, lagoas salobras e rios nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Paraná, Bahia, Pernambuco e Distrito Federal (AZEVEDO & VASCONCELOS, 2006).

Segundo TEIXEIRA *et al.* (1993), houve forte evidência de correlação entre a ocorrência de florações de cianobactérias no Reservatório de Itaparica, Bahia, e a morte de 80 pessoas pelo consumo de água do reservatório, entre março e abril de 1988. Em 1996, 54 pacientes renais crônicos faleceram após terem sido submetidos a sessões de hemodiálise, em uma clínica da cidade de Caruaru (PE), em decorrência da água utilizada para tratamento dos pacientes ter sido fornecida por um reservatório onde existia uma floração tóxica (LORENZI, 2004).

Recentemente, no Estado de Minas Gerais, foi registrada a ocorrência de florações de cianobactérias no Rio das Velhas e em grande parte do Rio São Francisco, no norte do Estado. Essa ocorrência foi verificada entre os meses de

setembro e outubro de 2007, registrando, em alguns trechos do Rio das Velhas, densidades de 1,3 milhões de células por mL. Esse fenômeno foi decorrente do grande período de estiagem na região, com redução na vazão do rio e elevada concentração de nutrientes (HENRIQUE *et al.*, 2007).

## 2.5. Qualidade da água

A água é um recurso natural encontrado em grande quantidade mais seu uso desordenado e ação poluidora do homem estão provocando o seu esgotamento, havendo uma necessidade crescente de sua preservação. Os lançamentos de efluentes líquidos em um curso d'água podem resultar em variações de suas características, como pH, temperatura, composição e concentração de vários componentes, dentre eles o nitrogênio e o fósforo (RIBEIRO, 2002).

As variáveis físicas, químicas e biológicas do ambiente podem contribuir nas decisões relacionadas ao controle, prevenção e preservação da qualidade da água. O fitoplâncton pode ser de grande importância na avaliação da qualidade da água, pois estudos realizados em diferentes épocas revelam que a composição desses organismos pode variar de acordo com as mudanças nas condições ambientais no curso d'água. A temperatura e o pH são fatores controlados pelo fitoplâncton, determinando o modo pelo qual o mesmo é capaz de utilizar os fatores limitantes (MAGALHÃES, 2007).

A qualidade da água é avaliada pela Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005b), a qual estabelece o padrão de turbidez, OD (oxigênio dissolvido), DBO (demanda bioquímica de oxigênio), pH, P<sub>T</sub> (fósforo total), N<sub>T</sub> (nitrogênio total), NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (nitrato), clorofila-a e densidade de células de cianobactérias, além de determinar as características para classes de qualidade da água, sendo a Classe 2 as águas destinadas para o consumo humano, após o tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, à aquicultura e à atividade de pesca.

Uma variável muito importante na avaliação de um curso d'água é o oxigênio dissolvido, pois o mesmo é de fundamental importância para a oxidação de poluentes dissolvidos, a sobrevivência de organismos aeróbios e a autodepuração das águas (MATOS, 2007). A solubilidade do oxigênio vai depender diretamente da

temperatura e dos sais dissolvidos na água, sendo que a concentração de saturação deve estar próximo de 8 mg L<sup>-1</sup> a 25°C (VALENTE *et al.*, 1997). De acordo com BRANCO & SENNA (1996), o aumento de oxigênio dissolvido (OD) está diretamente relacionado ao aumento na taxa fotossintética, embora se saiba que, em rios, a turbulência das águas é fator de muito maior importância (MATOS, 2007).

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) tem grande importância na quantificação da poluição orgânica de corpos d'água, na avaliação de sistemas de tratamentos biológicos e nos estudos de autodepuração dos cursos d'água, constituindo-se em importante variável na composição dos índices de qualidade das águas. A demanda química de oxigênio (DQO) é a quantidade de oxigênio necessário para oxidar quimicamente o material orgânico e inorgânico oxidável presente no curso d'água. (MATOS, 2007).

O crescimento do fitoplâncton é influenciado por fatores limitantes, como o nitrogênio e o fósforo, os quais são nutrientes essenciais para o crescimento de uma determinada população. Elevadas concentrações de nutrientes na água, principalmente compostos fosfatados e nitrogenados, contribuem para o crescimento acelerado de cianobactérias e outras microalgas (CALIJURI *et al.*, 2006).

O aumento na concentração de formas de nitrogênio no ambiente aquático está diretamente associado à agricultura, às mudanças no uso da terra e ao lançamento de efluentes domésticos (PATTINSON *et al.*, 1998). O íon amônio é um dos produtos iniciais da decomposição dos resíduos orgânicos nitrogenados e sua presença indica a ocorrência de resíduos brutos ou frescos de esgotos. A presença de nitrato em elevadas concentrações na água pode provocar sérios distúrbios nos organismos, sendo também considerado causador da doença metahemoglobinemia (coloração azulada da pele) devido à possibilidade deste ser reduzido a nitrito (RIBEIRO, 2002).

Em águas naturais, o P aparece predominantemente na forma de fosfatos. Segundo ESTEVES (1988), o fosfato, presente em ecossistemas aquáticos continentais, tem origem em fontes naturais e artificiais. A distribuição espacial de fosfato está relacionada com a concentração de oxigênio e o regime de estratificação (temperatura) da coluna d'água (GENTIL, 2000).

O fósforo é um nutriente essencial para o crescimento das cianobactérias, microalgas e macrófitas aquáticas, porém quando em elevadas concentrações contribui para o processo de eutrofização dos corpos d'água. Várias espécies de

cianobactérias são capazes de armazenar o fósforo, além de suas necessidades imediatas, quando estes estão em abundância no meio, vindo a utilizá-lo quando houver baixa disponibilidade do mesmo no ambiente (CHORUS & BARTRAM, 1999). Segundo SMITH (1983) as cianobactérias são mais eficientes na competição por nitrogênio do que por fósforo, sendo que fatores tais como a temperatura e a luz podem influenciar na competição por estes nutrientes.

A Portaria nº518/04 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2005a), estabelece que toda água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância da qualidade da água. O monitoramento das cianobactérias na água no ponto de captação, deve obedecer a frequência mensal, quando o número de células de cianobactérias não exceder 10.000 cel/mL e semanal, quando o número de células exceder esse valor, sendo vedado o uso de algicidas para o controle do crescimento das cianobactérias ou qualquer intervenção no manancial que provoque a lise das células desses microrganismos.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio Turvo Sujo (Figura 1) com área total de 406,44 km<sup>2</sup> está inserida na bacia hidrográfica do Rio Doce, compreendida entre as coordenadas geográficas 42°40' e 43°00' de longitude Oeste e 20°39' e 20°55' de latitude Sul, abrangendo parte dos municípios de Viçosa, Cajuri, Coimbra, Teixeiras e Guaraciaba, no Estado de Minas Gerais (SANTOS, 2001). O clima da região enquadra-se no tipo Cwa (clima de inverno seco e verão chuvoso), de acordo com a classificação de Köppen, com temperaturas no mês mais frio inferiores a 18 °C e, no mês mais quente, superiores a 22 °C (BARUQUI, 1982).

A bacia do Rio Turvo Sujo localiza-se em área dominada por relevo forte ondulado e montanhoso, predominantemente acidentado, sendo caracterizada, sobretudo, por ser ocupada por pequenas propriedades rurais. A vegetação original da bacia era constituída pela floresta tropical subperenifólia, a qual deu lugar, após intenso desmatamento, à lavoura cafeeira, responsável pela colonização inicial da região. Atualmente, além do café, cultivam-se milho, feijão, arroz e olerícolas (FONTES *et al.*, 2006).

Cinco pontos de amostragens foram selecionados:

- Rio Turvo Buieé (TB), localizado nas coordenadas 23K0725141 UTM 7708391, na comunidade Buieé, sem influência antrópica, vegetação preservada às margens do rio e 85 cm de profundidade (Figuras 2-3).

- Rio Turvo Dom Mingote (TDM), localizado nas coordenadas 23K0724045 UTM 7706338, receptora de esgoto doméstico, margens assoreadas e 55 cm de profundidade (Figuras 4-5);
- Rio Turvo-Rio Buieé (TTB), localizado nas coordenadas 23K07240 UTM 7706333, área receptora de despejos provenientes de uma granja, e de área de criação de animais, possui 93 cm de profundidade (Figuras 6-7);
- Rio Turvo-Fundão (TF), localizado nas coordenadas 23K725458 UTM 7703908, com influencia antrópica, receptora de esgotos domésticos e criação de animais, possui 96 cm de profundidade (Figuras 8-9);
- Rio Turvo-Captação do SAAE (TS), localizado nas coordenadas UTM 723.801.6940E e 7.707.048.1253N, ponto de captação de água do SAAE-Viçosa que abastece a ETA II, possui 60 cm de profundidade (Figuras 10-11).

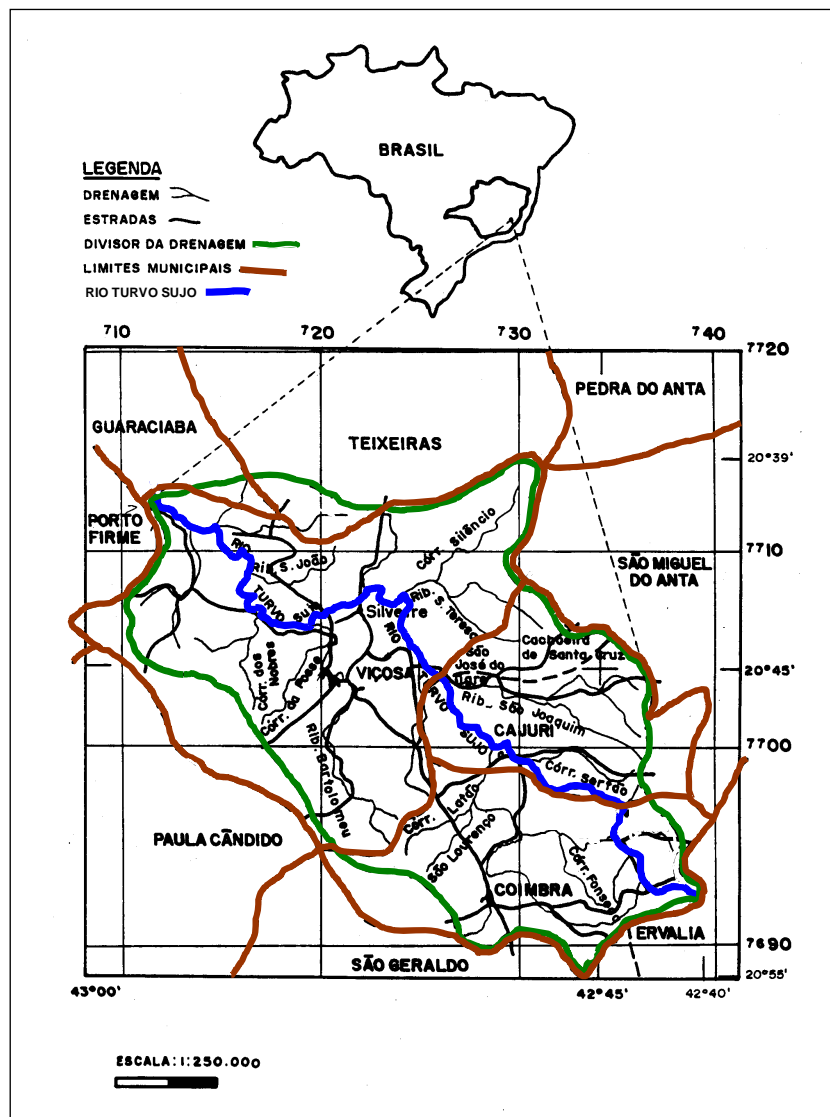
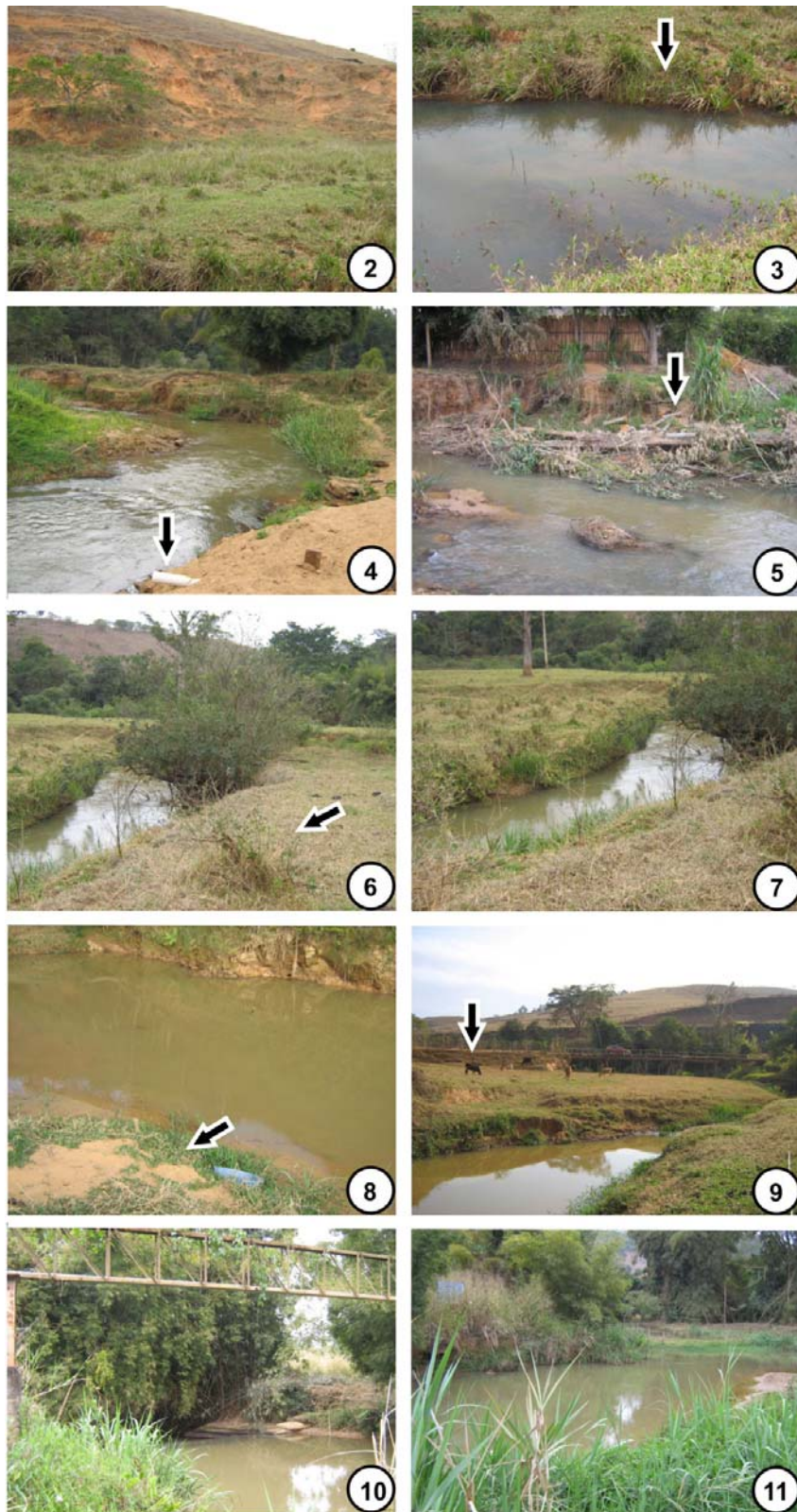


Figura 1 – Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Turvo Sujo (SANTOS, 2001).



Fotos dos pontos amostrados ao longo do Rio Turvo Sujo. Fig. 2 e 3 - Turvo Buieé (TB), seta - margem com vegetação preservada; Fig. 4 e 5 - Turvo Dom Mingote (TDM), Fig. 4 seta - despejo de esgoto e Fig. 5 seta - lixo proveniente do bar Dom Migote; Fig. 6 e 7 - Turvo - Rio Buieé (TTB), seta - vegetação secundária; Fig. 8 e 9 - Turvo Fundão (TF), Fig. 8 seta - margem assoreada e Fig. 9 seta - criação de animais; Fig. 10 e 11 - Turvo SAAE (TS).

### **3.2. Coleta das amostras**

As coletas foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por AGUIAR (2000), sendo feitas amostragens durante o período de seca (abril e julho) e chuva (setembro e novembro). As amostras foram coletadas em profundidades de 0-20 cm com copo de coleta e rede de fitoplâncton através de arrastos horizontais e verticais.

As amostras foram acondicionadas em frascos de vidro limpos, transparentes, com capacidade para 1 L, hermeticamente fechados e devidamente identificados, os quais foram transportados para a Unidade de Crescimento de Plantas (UCP)/Laboratório de Ficologia do Departamento de Biologia Vegetal (DBV) da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e, também, para o Laboratório de Qualidade da Água/Departamento de Engenharia Agrícola (UFV), onde foram realizadas as análises físicas e químicas da água. Para a análise de sílica as amostras foram levadas para o Laboratório de Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Na primeira coleta, o ponto TB (controle) não foi amostrado.

### **3.3. Variáveis físicas e químicas**

Os valores de temperatura da água ( $^{\circ}\text{C}$ ), potencial hidrogeniônio (pH) e transparência da água (S), foram medidos no próprio local de amostragem. Os valores de temperatura e pH foram obtidos utilizando-se um peagâmetro modelo pHTestr 20. A transparência da água foi estimada a partir de valores de desaparecimento do disco de Secchi.

As medidas de condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) foram obtidas pelo método eletrométrico, utilizando-se um condutivímetro marca Tecnopon.

Os valores de oxigênio dissolvido (OD) ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) foram obtidos utilizando-se o método de Winkler, descrito em APHA, 1995.

A análise de demanda bioquímica de oxigênio ( $\text{DBO}_{5, 20\text{ }^{\circ}\text{C}}$ ) ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) foi obtida pela determinação do oxigênio dissolvido pelo método idiométrico (processo Winkler), no qual se baseia na diferença entre as concentrações de OD antes e após a incubação das amostras a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , por 5 dias (APHA, 1995).



Para a demanda química de oxigênio (DQO) ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), as matérias orgânica e inorgânica da amostra foram oxidadas por um agente oxidante forte, o dicromato de potássio em meio ácido sulfúrico, em refluxo aberto (APHA, 1995).

As análises de nitrogênio total ( $\text{N}_T$ ) ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) foram realizadas utilizando-se o método Kjeldahl (APHA, 1995), modificado com a adição de ácido salicílico à amostra; as de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) pelo método da hidrazina (APHA, 1995), e as de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) foram determinadas utilizando-se o método de salicilato (KEMPERS & ZWEERS, 1986).

As análises de fósforo total ( $\text{P}_T$ ), ortofosfato ( $\text{PO}_4$ ), fosfato orgânico dissolvido e fósforo particulado ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) foram determinadas por meio de digestão nítrico-perclórico da amostra e quantificação da concentração de P em espectrofotômetro (APHA, 1995).

A análise de silicato ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) foi realizada segundo a metodologia descrita por GOLTERMAN *et al.* (1978), a partir da adição de molibdato de sódio e ácido sulfúrico nas amostras e a quantificação em espectrofotômetro.

A velocidade da água ( $\text{m.s}^{-1}$ ) foi determinada no campo, utilizando-se o método flutuador (DAKER, 1989), medindo-se um percurso de 10m as margens do rio e lançando no curso d'água garrafas plásticas, sendo determinado o tempo que a garrafa percorreu os 10 metros, o tempo gasto foi transformado em segundos. Os valores da velocidade foram obtidos, conforme recomendado por Matos *et al.* (2000), utilizando-se a equação:

$$v = k \times d/t$$

em que,

$v$  = velocidade da água ( $\text{m.s}^{-1}$ );

$k$  = coeficiente de ajuste do valor, adotado para as condições do rio como sendo de 0,75;

$d$  = distância percorrida pelo flutuador (m);

$t$  = tempo gasto para o flutuador percorrer o trecho (s).

### **3.4. Variáveis biológicas**

#### **3.4.1. Análise qualitativa e quantitativa da comunidade de cianobactérias**

As amostras foram transportadas para Laboratório de Ficologia. Parte das amostras foi preservada em lugol, para contagem posterior do número de células por mililitros (cel/mL), e parte foi enriquecida com meio de cultura BG-11 (ALLEN, 1973) líquido, suplementado ou não com fontes de nitrogênio (N), a fim de isolar as cianobactérias heterocitadas ou não (AGUIAR, 1992).

A análise qualitativa da comunidade de cianobactérias foi realizada com a finalidade de identificar as espécies que caracterizam o ambiente estudado (lótico). Utilizou-se um microscópio binocular AXIOSTAR – PLUS, ZEISS, com ocular de medição acoplada, do Laboratório de Ficologia. Todas as características morfológicas e morfométricas da vida vegetativa e reprodutiva, de valor taxonômico para identificação das espécies, foram analisadas.

A identificação taxonômica foi feita, quando possível, em nível específico, sendo adotado o sistema de classificação proposto por ANAGNOSTIDIS & KOMÁREK (1985; 1988), DESIKACHARY (1959), GEITLER (1932), KOMÁREK & ANAGNOSTIDIS (1989; 1998), SANT'ANNA & AZEVEDO (2000).

Os registros fotográficos das espécies isoladas foram feitos com auxílio de um fotomicroscópio (modelo Olympus AX70TRF, Olympus Optical, Tokyo, Japão) com sistema U-Photo.

#### **3.4.2. Isolamento e obtenção de culturas unialgais**

Com o enriquecimento das amostras foi estimulado a germinação de acinetos e hormogônios existentes, facilitando o trabalho de isolamento de células de cianobactérias não encontradas nas amostras de água. Utilizou-se a metodologia descrita por KUGRENS *et al.* (2000), seguida pela técnica de diluição em série e micropipetagem, além de plaqueamento em meio BG-11 sólido, suplementado ou não com nitrogênio, acrescidos de 1,5% de ágar. Após sucessivas repicagens e trocas para novos meios de cultura, foram obtidas colônias e filamentos isolados, a partir dos quais foram obtidas as culturas unialgais (unicianobacteriais).

### **3.4.3. Manutenção de culturas em laboratório**

As culturas unialgais foram mantidas em sala de crescimento do Laboratório de Ficologia sob condições de crescimento fotoautotrófico, ou seja, à temperatura de  $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}$ , fotoperíodo de 16/8 horas de luz e escuro e iluminação constante ( $100\text{ }\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{ s}^{-1}$ ), provenientes de lâmpadas frias fluorescentes (AGUIAR, 2000). No laboratório, as culturas foram mantidas em frascos Erlenmeyes, com capacidade para 125 mL, e tubos de ensaio, contendo meio BG-11 líquido, com ou sem N.

### **3.4.4. Determinação de clorofila *a* em água bruta (períodos de seca e chuva)**

A concentração de clorofila-*a* foi utilizada como parâmetro para estimar a produtividade primária do Rio Turvo Sujo, sendo os valores expressos em  $\mu\text{g.L}^{-1}$ . Utilizou-se a metodologia descrita por SARTORY & GROBELAAR (1984), que consiste na utilização de etanol a 90% aquecido por 5 minutos. Os cálculos foram feitos de acordo com a metodologia proposta por WETZEL & LIKENS (1991).

### **3.4.5. Densidades de indivíduos**

A análise da densidade de cianobactérias foi realizada nas amostras fixadas em solução de Lugol, utilizando-se lâmina especial do tipo Newbauer. Os resultados foram expressos em número de células por mililitro (cel/mL), conforme determinação da Portaria MS/518 de 2004.

## **3.5. Análise de Similaridade**

As doze cepas de cianobactérias foram comparadas entre si de acordo com a sua ocorrência nos pontos amostrados, durante os períodos de seca e chuva, mediante uma matriz de presença/ausência, onde foi utilizado o índice de Sorensen's (MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG, 1974). A interpretação foi realizada por meio da técnica de ligação da média de grupo (UPGMA), usando-se o programa Multivariate Statistical Package (MVSP 3.13m).

### 3.6. Índice de Estado Trófico (IET)

O índice (IET) foi calculado baseando-se no índice de Carlson, modificado por TOLEDO Jr. *et al.* (1983). Para os valores de ortofosfato abaixo do limite de detecção do método, optou-se por calcular o IET sem considerar o ortofosfato.

Utilizou-se a seguinte fórmula:

$$IET = IET(S) + 2 [IET (PT) + IET (CL)] / 5$$

em que,

S = valor de desaparecimento do disco de Secchi

P = concentração de fósforo total

CL = concentração de clorofila **a**

Após calculados os índices, foram utilizados os seguintes critérios para sua aplicação no ambiente estudado:

Oligotrófico:  $IET < 44$ ;

Mesotrófico:  $44 < IET < 54$ ;

Eutrófico:  $IET > 54$ .

### 3.7. Frequência de Ocorrência

A estimativa da frequência de ocorrência das espécies no ambiente foi realizada de acordo com a metodologia de LOBO & LEIGHTON (1986), citado por TUCCI-MOURA (1996). O índice expressa a relação entre a ocorrência das diferentes espécies e o número total de amostras, sendo o mesmo expresso em porcentagem. Assim, as espécies foram consideradas:

I) constantes quando  $F > 50\%$ ;

II) comuns quando  $F > 10\%$  e  $< 50\%$

III) raras quando  $F < 10\%$

Para a realização dos cálculos, utilizou-se a seguinte equação:

$$F = [(Pa) / (P)] * 100$$

em que,

Pa = número de amostras em que a espécie “a” estará presente

P = número total de amostras analisadas.

### **3.8. Análise estatística dos dados**

A análise das variáveis físicas e químicas da água dos períodos de seca e chuva foi realizada mediante análise de variância (ANOVA), através do programa estatístico SAEG, adotando-se um valor crítico de  $p = 0,05$ .

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Variáveis físicas e químicas**

Nos pontos amostrados do Rio Turvo Sujo a profundidade da água foi inferior a 1m. Ligeira variação na temperatura da água foi registrada entre os cinco pontos amostrados, dentro de um mesmo período, não havendo, entretanto, diferenças significativas entre os resultados obtidos nas medições efetuadas nos períodos de seca e chuva. No período de chuva, ocorreram as maiores médias de temperaturas (TF = 22,3°C) da água no Rio Turvo Sujo (Tabela 1).

O pH da água variou pouco entre os pontos amostrados, sendo registrados valores de médias entre 6,6 e 7,1, levemente ácido a neutro, conforme apresentado na Tabela 1. No período chuvoso, foram registrados os menores valores de pH, em TDM e TS, ocasião em que os valores foram de 6,6. O maior valor foi registrado no período de seca, em TB (pH = 7,1). Como os períodos de maior pH coincidem com os períodos de menor índice pluviométrico, acredita-se que a concentração de íons de reação básica seja a razão para os resultados obtidos.

Durante o período de estudo, foram registrados valores da transparência da água, os quais as médias variaram de 34,5 a 63,5 cm de profundidade. O valor mínimo (34,5 cm de profundidade) foi registrado no período seco (em TDM), e o máximo (63,5 cm de profundidade) no período chuvoso, em TB, conforme mostrado na Tabela 1.

A condutividade elétrica (CE), de maneira geral, apresentou variações em todos os pontos de amostragem, dentro do mesmo mês. As maiores médias foram registradas no período chuvoso (52,7 a 61,8  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), com exceção de TB, conforme mostrado na Tabela 1. Os dados de CE indicou instabilidade, para qual não se dispõe de explicações, para os resultados obtidos em relação a esta variável.

No período chuvoso foram registradas as menores concentrações de oxigênio dissolvido (OD) na água, registrou-se no ponto TF uma média de 3,8  $\text{mg L}^{-1}$ . A maior concentração foi obtida no período de seca, em TTB, com uma média de 7,3  $\text{mg L}^{-1}$ , conforme apresentado na Tabela 1.

O menor valor registrado para a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) ocorreu no período de seca, alcançando uma média de 2  $\text{mg L}^{-1}$  no TB. As maiores concentrações foram obtida no período chuvoso, registrando uma média de 34  $\text{mg L}^{-1}$  no TS, conforme apresentado na Tabela 1.

No período de chuva foram registrados os mais altos valores de Demanda Química de Oxigênio (DQO), ocorrendo grande variação, em relação ao período de seca. As médias registradas em TS, entre os períodos de seca e chuva, variaram de 31 a 182  $\text{mg L}^{-1}$ , conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Médias das variáveis, TEMP: temperatura, pH, TRA: transparência da água, CE: condutividade elétrica, OD: oxigênio dissolvido, DBO: demanda bioquímica de oxigênio e DQO: demanda química de oxigênio, nos períodos de seca (S) e chuva (C) no Rio Turvo Sujo. (TR: tratamento, TF: Rio Turvo- Fundão, TTB: Rio Turvo-Rio Buieé, TDM: Rio Turvo Dom Mingote, TS: Rio Turvo SAAE, TB: Rio Turvo Buieé)

	TEMP (°C)		pH		TRA (cm)		CE ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )		OD ( $\text{mg L}^{-1}$ )		DBO ( $\text{mg L}^{-1}$ )		DQO ( $\text{mg L}^{-1}$ )	
	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C
TR														
TF	21,6	22,3	7	6,8	46	50	60	61,8	7,1	3,8	11	11	30	67
TTB	21,6	22,2	7	6,7	39	65	54,4	52,7	7,3	6	13	16	67	48
TDM	21,5	22,2	7	6,6	34,5	52,5	44,2	61,3	7	5,2	10	13	48	86
TS	21,4	22,1	7	6,6	48,5	47,5	41	58,1	7,1	5,9	9	34	31	182
TB	19,9	22	7,1	6,8	60	63,5	48,5	45,9	7,2	6,4	2	19	38	82

Nos cinco pontos amostrados, verificou-se baixa concentração de nitrogênio total ( $\text{N}_T$ ) no período chuvoso. A diluição provocada pela chuva é o fato mais

importante para explicação dos resultados. O início do período de baixos índices pluviométricos coincidiu com o aumento na concentração de  $N_T$  nas águas.

A menor média registrada de concentração de  $N_T$  ocorreu no ponto TB = 2,5 mg L<sup>-1</sup> e a maior no ponto TDM = 10,6 mg L<sup>-1</sup>, ambas no período de seca, conforme a Tabela 2.

Só houve registro de amônio ( $NH_4^+$ ) no ponto TS, onde a concentração variou de 0,27 a 0,05 mg L<sup>-1</sup> nos meses de abril (período de seca) e setembro (período de chuva), respectivamente.

As concentrações de nitrato ( $NO_3^-$ ) na água aumentaram no período de baixo índice pluviométrico. Isso se deve à maior disponibilidade de oxigênio na água (altos valores de OD), que proporcionaram oxidação do  $NH_4^+$  e formação do  $NO_3^-$ . A maior média (1,76 mg L<sup>-1</sup>) foi obtida no período chuvoso, no ponto TF e a menor (0,04 mg L<sup>-1</sup>), registrada no período seco, no ponto TDM (Tabela 2).

As concentrações de fósforo total ( $P_T$ ) na água estiveram abaixo de 1,0 mg L<sup>-1</sup> durante o período de monitoramento, sendo a concentração mais alta (0,11 mg L<sup>-1</sup>), registrada no mês de julho, em TS. As menores médias de concentrações de  $P_T$  foram obtidas no período de seca nos pontos TF e TDM, sendo os valores de 0,02 e 0,01 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente, conforme mostrado na Tabela 2. Foram registradas baixas concentrações de fósforo orgânico dissolvido e fósforo no material particulado, além de não terem sido detectáveis, pelo método utilizado, as concentrações de ortofosfato.

Tabela 2 – Médias das variáveis,  $N_T$ : Nitrogênio Total,  $NO_3^-$  : Nitrato ,  $P_T$ : Fósforo total, nos períodos de seca (S) e chuva (C) no Rio Turvo Sujo. (TR: tratamento, TF: Rio Turvo- Fundão, TTB: Rio Turvo-Rio Buieé, TDM: Rio Turvo Dom Mingote, TS: Rio Turvo SAAE, TB: Rio Turvo Buieé)

	$N_T$ (mg L <sup>-1</sup> )		$NO_3^-$ (mg L <sup>-1</sup> )		$P_T$ (mg L <sup>-1</sup> )		
	S	C	S	C	S	C	
TR							
TF	7,6	6,4	0,12	1,76	0,02	0,07	
TTB	7,9	4,7	0,10	1,19	0,04	0,06	
TDM	10,6	6,2	0,04	1,34	0,01	0,07	
TS	7,7	5,8	0,08	0,50	0,06	0,05	
TB		2,5		5,2	0,12	0,30	0,06



A concentração de sílica apresentou pequena variação nos períodos de seca e chuva. A maior concentração de sílica ( $1,37 \text{ mg L}^{-1}$ ) foi registrada no período seco, no ponto TS, e a menor ( $0,97 \text{ mg L}^{-1}$ ) no período chuvoso, no ponto TB. Acredita-se que o efeito de concentração da água no período mais seco seja a razão para os resultados obtidos.

A velocidade superficial da água do Rio Turvo Sujo variou de  $0,11$  a  $1,37 \text{ cm.s}^{-1}$ .

## **4.2.Variáveis Biológicas**

### **4.2.1. Isolamento de cianobactérias**

Foram isolados e identificados 12 táxons de cianobactérias, os quais estão distribuídas em 4 ordens. A ordem Nostocales foi a mais representativa com 8 gêneros, seguida pela ordem Oscillatoriales com 2 gêneros, e Chroococcales e Stigonematales com apenas 1 gênero (Tabela 3).

No ponto TDM, foi registrado a maior ocorrência de indivíduos, num total de 8 gêneros, durante o período estudado, e em TB, apenas 4 gêneros. O maior número de cianobactérias, no Rio Turvo Sujo, foi registrado no mês de julho.

A presença do gênero *Scytonema* sp. foi registrada apenas no TB no mês de julho. No mês de novembro, houve o registro de apenas duas espécies homocitadas, *Phormidium* sp. e *Pseudoanabaena catenata*, em três dos cinco pontos amostrados.

Uma baixa diversidade de espécies foi registrada durante o período estudado, sendo as espécies de cianobactérias heterocitadas as mais representadas. A espécie *Synechococcus nidulans* ocorreu com maior frequência tanto no período seco quanto no chuvoso.

### **4.2.2.Determinação de clorofila *a* em água bruta (períodos de seca e chuva)**

Tomando-se por base os dados obtidos para clorofila-*a* foi possível estimar a produtividade primária em cada ponto amostrado. As médias variaram de 0 a  $2,4 \mu\text{g L}^{-1}$ . O maior valor ( $2,4 \mu\text{g L}^{-1}$ ) foi registrado no período chuvoso, em TF e o menor em TS ( $0,8 \mu\text{g L}^{-1}$ ) no período de seca, não havendo registro no período de seca em TB, como amostrado na Tabela 4.

Tabela 3 – Gêneros e espécies de cianobactérias encontrados no Rio Turvo Sujo nos períodos de seca (abril e setembro) e chuva (setembro e novembro) de 2007. (TF: Rio Turvo-Fundão; TTB: Rio Turvo-Rio Buieé; TDM: Rio Turvo Dom Mingote; TS: Rio Turvo- SAEE; TB: Rio Turvo-Buieé)

Pontos	Abr/07	Jul/07	Set/07	Nov/07
	<i>Nostoc commune</i>	<i>Nostoc</i> sp.1	<i>Anabaena ambigua</i>	(*)
TF	<i>Nostoc carneum</i>	<i>Synechococcus</i>		
	<i>Synechococcus</i>	<i>nidulans</i>		
	<i>nidulans</i>	<i>Cylindrospermum</i>		
		<i>licheniforme</i>		
	<i>Nostoc muscorum</i>	<i>Synechococcus</i>	<i>Nostoc carneum</i>	<i>Phormidium</i> sp.
	<i>Phormidium</i> sp.	<i>nidulans</i>	<i>Synechococcus</i>	<i>Pseudoanabaena</i>
TTB	<i>Synechococcus</i>	<i>Anabaena ambigua</i>	<i>nidulans</i>	<i>catenata</i>
	<i>nidulans</i>	<i>Pseudoanabaena</i>		
	<i>Anabaena ambigua</i>	<i>catenata</i>		
	<i>Nostoc</i> sp.1	<i>Synechococcus</i>	<i>Synechococcus</i>	<i>Phormidium</i> sp.
	<i>Synechococcus</i>	<i>nidulans</i>	<i>nidulans</i>	<i>Pseudoanabaena</i>
	<i>nidulans</i>	<i>Anabaena ambigua</i>	<i>Anabaena ambigua</i>	<i>catenata</i>
		<i>Pseudoanabaena</i>	<i>Phormidium</i> sp.	
TDM		<i>catenata</i>	<i>Nostoc</i> sp.2	
		<i>Calothrix</i> sp.		
		<i>Phormidium</i> sp.		
		<i>Nostoc commune</i>		
	<i>Nostoc</i> sp.1	<i>Synechococcus</i>	<i>Nostoc</i> sp.2	<i>Pseudoanabaena</i>
TS	<i>Synechococcus</i>	<i>nidulans</i>	<i>Synechococcus</i>	<i>catenata</i>
	<i>nidulans</i>	<i>Anabaena ambigua</i>	<i>nidulans</i>	
	<i>Calothrix</i> sp.	<i>Phormidium</i> sp.		
		<i>Nostoc</i> sp.2		
	(*)	<i>Nostoc</i> sp.1	<i>Anabaena ambigua</i>	(*)
TB		<i>Synechococcus</i>		
		<i>nidulans</i>		
		<i>Scytonema</i> sp.		

(\*): ausência de cianobactérias.

Tabela 4 – Médias da variável clorofila-a nos períodos de seca (S) e chuva (C) no Rio Turvo Sujo. (TR: tratamento, TF: Rio Turvo- Fundação, TTB: Rio Turvo-Rio Buieé, TDM: Rio Turvo Dom Mingote, TS: Rio Turvo SAAE, TB: Rio Turvo Buieé)

CLOROFILA-a		
(µg L <sup>-1</sup> )		
	S	C
TR		
TF	1,6	2,4
TTB	1,3	1,1
TDM	1,1	1,1
TS	0,8	1,9
TB	0	1,3

#### 4.2.3. Densidade dos indivíduos (cels.mL<sup>-1</sup>)

No mês de abril houve maior densidade de células por mL<sup>-1</sup>, nos pontos amostrados, e no mês de julho a maior diversidade de espécies. O ponto TDM apresentou a maior densidade de células (263 cel/mL), conforme mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 – Densidade de células de cianobactérias no Rio Turvo Sujo, entre os períodos de seca (abril e setembro) e chuva (setembro e novembro) de 2007. (TF: Rio Turvo-Fundão; TTB: Rio Turvo-Rio Buieé; TDM: Rio Turvo Dom Mingote; TS: Rio Turvo- SAAE; TB: Rio Turvo-Buieé)

Pontos	Abr/07	Jul/07	Set/07	Nov/07
TF	225 cel/mL	175 cel/mL	(*)	(*)
TTB	128 cel/mL	115 cel/mL	(*)	(*)
TDM	263 cel/mL	(*)	(*)	(*)
TS	100 cel/mL	125 cel/mL	(*)	(*)
TB	(*)	(*)	(*)	(*)

(\*): ausência de cianobactérias

#### 4.2.4. Descrição de gêneros/espécies

##### Ordem Nostocales

- *Anabaena ambigua* C.B. Rao, 1937

Filamentos emaranhados, constrictos, células mais curtas que largas e cilíndricas, 3,0-4,8 µm diâm., 3,3-4,9 µm comp., presença de heterocitos, 4,0-4,8 µm diâm., 5,8-6,9 µm comp, células apicais atenuadas, acinetos ovais, 7,0-8,8 µm diâm., 8,3-9,5 µm comp. (Figura 12).

- *Calothrix* sp.

Filamentos solitários ou em grupos, 11-13 µm diâm., bainha homogênea, incolor, tricomas não constrictos, curvos, 6,4-7,5 µm diâm., 8,0-9,0 µm comp., heterocito arredondado, basal, único, 7,0-10,0 µm diâm. (Figura 13).

- *Cylindrospermum licheniforme* Kiitzing ex Bornit & Flahault 1888

Tricomas retos, curvos ou irregularmente torcidos, ausência de bainha mucilaginosa, células cilíndricas ou quadráticas, 2,0-3,0 µm diâm., 2,6-3,5 µm comp., ausência de aerótopos, heterocitos terminais em ambas as extremidades, 2,5-3,6 µm diâm., 5,5-6,0 µm comp., acinetos elípticos (Figura 14).

- *Nostoc cf. carneum* C. Agardh, 1824

Filamentos densamente emaranhados, formando vários envelopes mucilaginosos, células cilíndricas, 3,0-4,5 µm diâm.; 3,7-5,5 µm comp., heterocitos arredondados, 4,0- 5,8 µm diâm., 4,6-7,5 µm comp. (Figura 18).

- *Nostoc commune* Vaucher ex Bornet et Flahaut 1886

Tricomas paralelos, células arredondadas, 3,5- 4,5 µm diâm., 3,8-5,0 µm comp., heterocito oval, 4,0-5,2 µm diâm., 4,6-5,5 µm comp. (Figura 19).

- *Nostoc cf. muscorum* Agardh ex Bornet et Flahaut, 1886-1888

Filamentos soltos, células arredondadas, 4,0-5,0 µm diâm.; 5,0-6,0 µm comp., acinetos cilíndricos, 3,5-4,2 µm diâm., 5,0-5,9 µm comp., heterocitos intercalares e terminais, 5,0-5,8 µm diâm., 6,2-7,0 µm comp. (Figura 20).

- ***Nostoc sp. (1)***

Filamentos levemente emaranhados, células em forma de barril, 2,0-3,4 µm diâm., 2,5 -4,0 µm comp. Acinetos 3,7-4,0 µm diâm., 4,0-5,5 µm comp., heterocitos arredondados, intercalares e terminal, 4,0-4,8 µm diâm., 4,5-5,2 µm comp. (Figura 21).

- ***Nostoc sp. (2)***

Tricomas levemente curvos e emaranhados, células em forma de barril ou arredondadas, 2,0-2,6 µm diâm., 2,0 -3,6 µm comp., heterocitos arredondados ou ovais, 2,0- 2,4 diâm., 2,5-2,8 µm comp.(Figura 22).

### **Ordem Chroococcales**

- ***Synechococcus nidulans*** (Pringsheim) Komárek in Bourrelly 1970

Células isoladas, oblongas, em forma de bastonete, sem bainha mucilaginosa, 1,4-6,3 µm comp., 0,4-1,2 µm diâm., ausência de aerótopos (Figura 23).

### **Ordem Oscillatoriales**

- ***Phormidium sp.***

Tricomas retos, emaranhados, azul-esverdeado ou acastanhado, conteúdo celular homogêneo, bainha presente, células mais curtas que longas, 3,1-4 µm comp, 2,7-5,8 µm diâm (Figura 15).

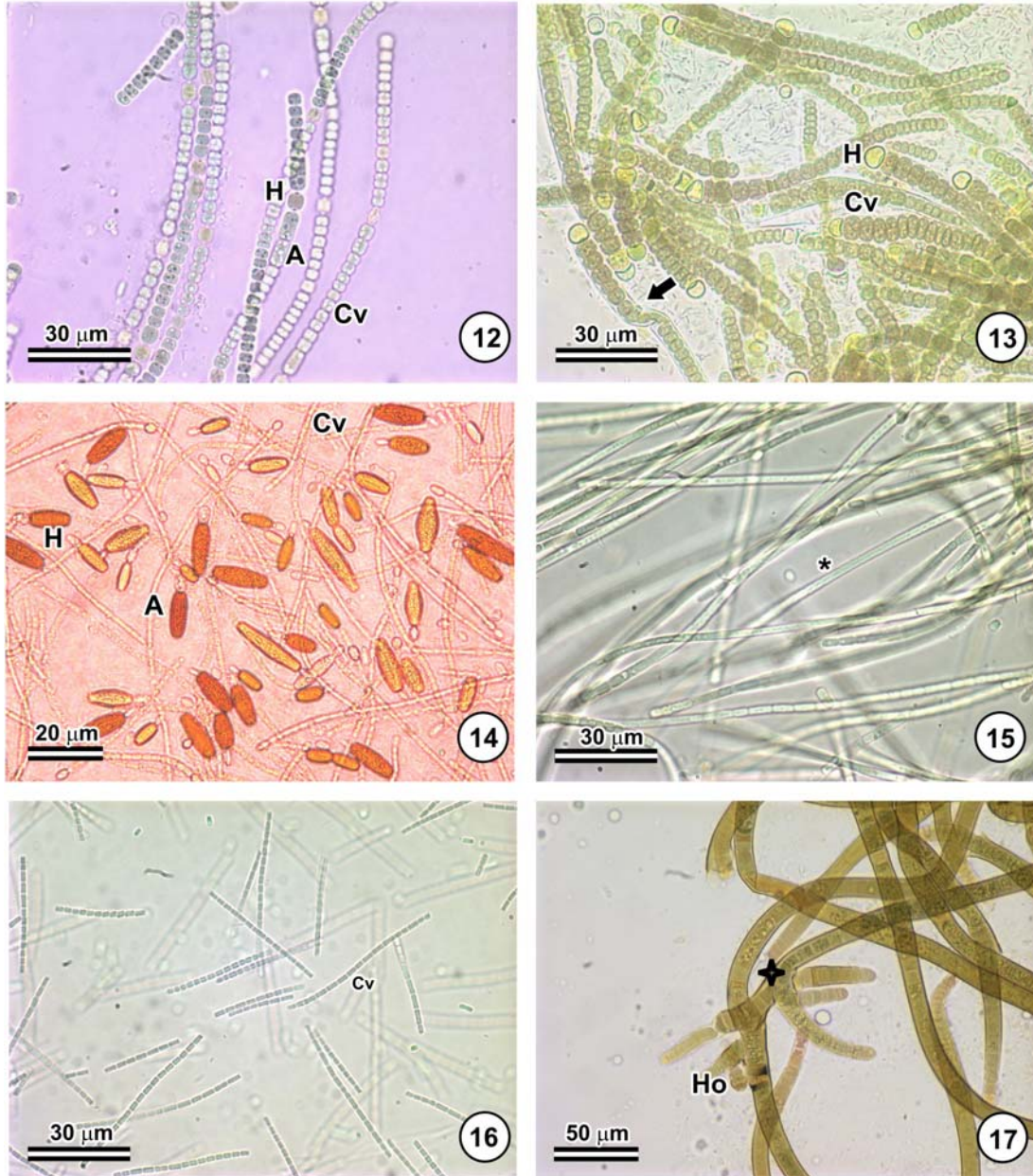
- ***Pseudoanabaena catenata*** Lauterborn,1916

Tricomas solitários, retos, não atenuados, constrictos, 2,2-5,3 µm comp, 2,7-4,2 µm diâm, células cilíndricas, mais longas que largas, conteúdo celular homogêneo, sem aerótopos, células apicais cilíndricas arredondadas (Figura16).

### **Ordem Stigonematales**

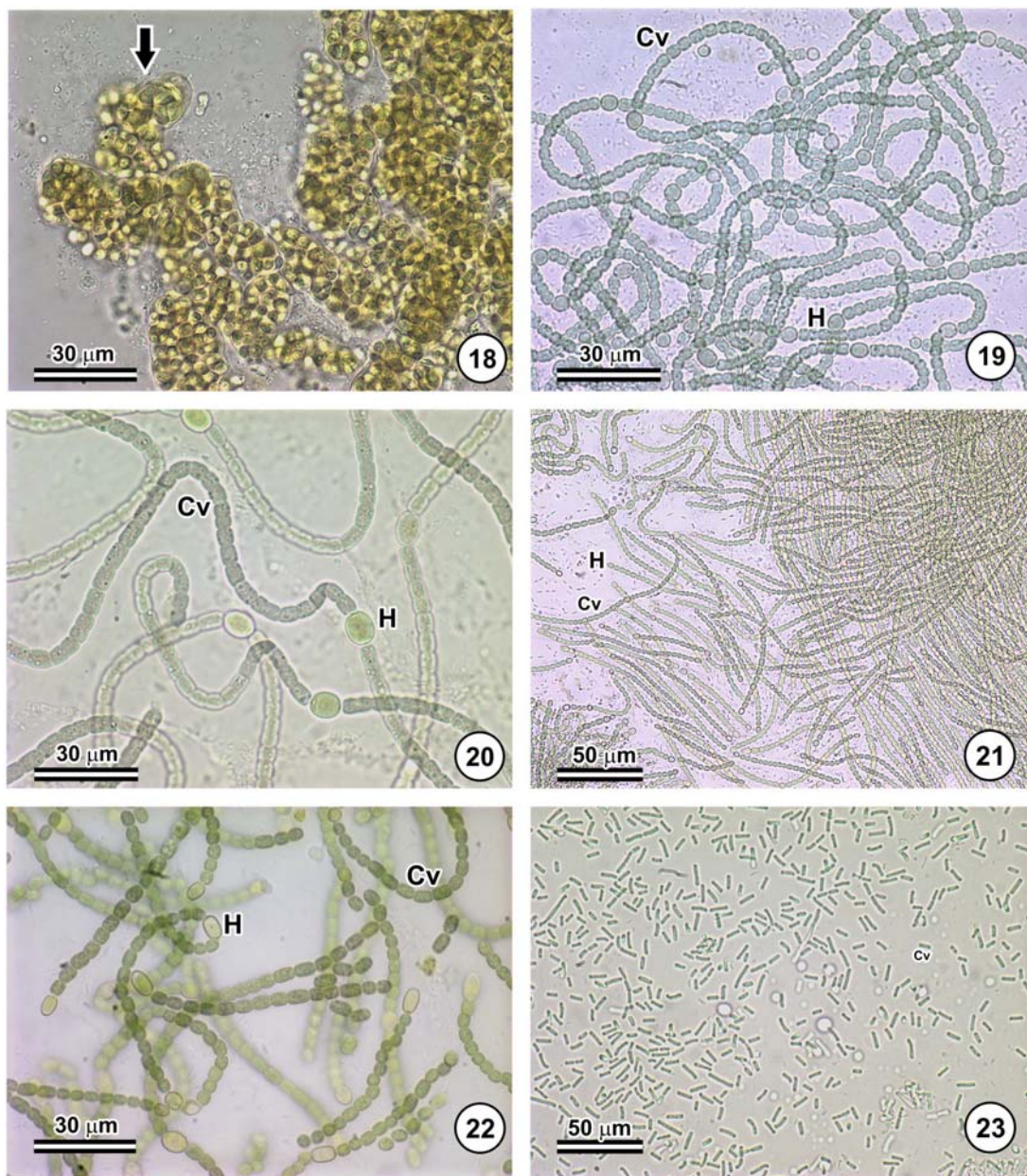
- ***Scytonema sp.***

Filamentos emaranhados, mas às vezes pode ocorrer isoladamente, presença de bainha mucilaginosa, ramificações falsas e, em geral, duplas que se formam pela quebra do tricoma, células em forma de barril ou cilíndricas, heterocitos intercalares, ausência de acinetos (Figura 17).



Espécies isoladas de cianobactérias. Fig. 12 - *Anabaena ambigua*, Fig. 13 - *Calothrix* sp., Fig. 14 - *Cylindrospermum licheniforme*, Fig. 15 - *Phormidium* sp., Fig. 16 - *Pseudoanabaena catenata*, Fig. 17 - *Scytonema* sp.

Abreviaturas: A - acineto, Asterisco - filamento homocitado, CV - célula vegetativa, H - heterocito, Ho - hormogônio, Estrela - ramificação, Seta - bainha mucilaginosa.



Espécies isoladas de cianobactérias. Fig. 18 - *Nostoc carneum*, Fig. 19 - *Nostoc commune*, Fig. 20 - *Nostoc muscorum*, Fig. 21 - *Nostoc* sp.1, Fig. 22 - *Nostoc* sp.2, Fig. 23 - *Synechococcus nidulans*.  
 Abreviaturas: CV - célula vegetativa, H - heterocito, Seta - envelope mucilaginoso .

#### 4.2.5. Similaridade entre as espécies

A análise de agrupamento (Figura 24) distinguiu três grupos: um formado por *Scytonema* sp., o outro por *Nostoc muscorum* e *Nostoc carneum* e o terceiro grupo formado pelos outros 9 gêneros/espécies isolados.

Os valores do índice de similaridade de Sorensen variaram entre 0,0 (0 %) e 1 (100 %), sendo que os valores superiores a 0,5 (50 %) indicaram elevada similaridade entre as comunidades.

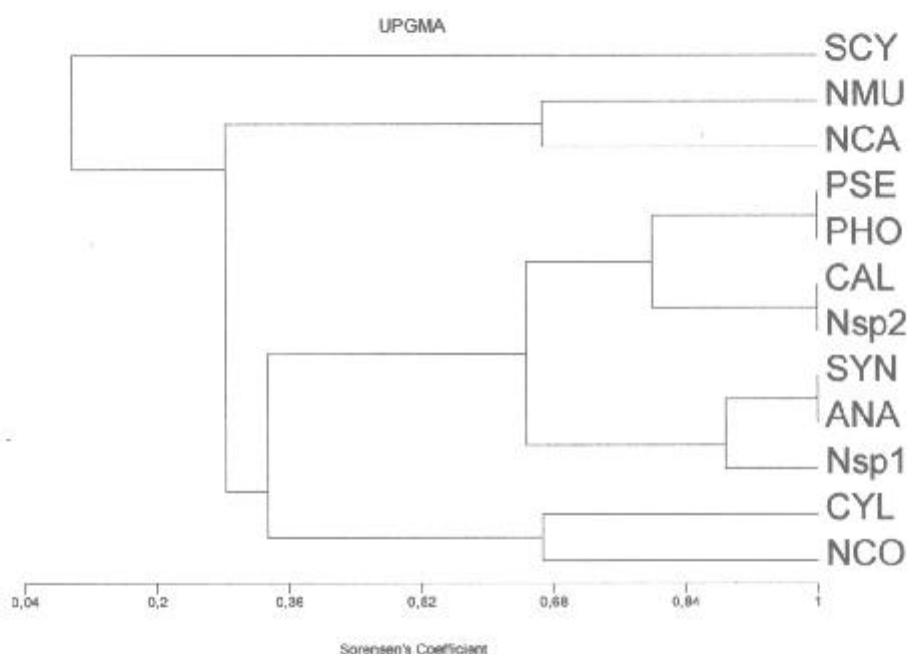


Figura 24 – Análise de agrupamento dos gêneros/espécies de cianobactérias. Abreviaturas: SCY: *Scytonema* sp.; NMU: *Nostoc muscorum*; NCA: *Nostoc carneum*; PSE: *Pseudoanabaena catenata*; PHO: *Phormidium* sp.; CAL: *Calothrix* sp.; NSP.2: *Nostoc* sp2; SYN: *Synechococcus nidulans*; ANA: *Anabaena amiigua*; NSP1: *Nostoc* sp1; CYL: *Cylindrospermum licheniforme*; NCO: *Nostoc commune*.

De acordo com o índice de similaridade de Sorensen, o gênero *Scytonema* sp. ficou isolado dos outros gêneros/espécies devido a sua ocorrência ter sido registrada somente no mês de julho, no ponto TB. O segundo grupo, formado por *Nostoc muscorum* e *Nostoc carneum* foi similar em cerca de 65%, devido à presença das duas espécies no mesmo período, estando ausentes nos meses de julho e novembro.



O terceiro grupo dividiu-se em dois subgrupos, sendo os gêneros/espécies *Pseudoanabaena catenata* e *Phormidium* sp., *Calothrix* sp. e *Nostoc* sp.<sub>2</sub>, e *Synechococcus nidulans* e *Anabaena ambigua* com um índice de 100% de similaridade, sendo essas espécies encontradas em ambos os períodos. Foi verificado um índice de similaridade de aproximadamente 86% do táxon *Nostoc* sp.<sub>1</sub> com as espécies do terceiro grupo formado, pois sua presença só foi registrada no período seco. As espécies *Cylindrospermum licheniforme* e *Nostoc commune* apresentaram índice de similaridade de, aproximadamente, 67% com as espécies do mesmo grupo, tendo uma ocorrência comum no mês de julho (período seco).

#### 4.2.6. Índice de Estado Trófico (IET)

Os valores calculados para o IET estão representados na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultados obtidos para o índice de trofia (IET). (TF: Rio Turvo-Fundão; TTB: Rio Turvo-Rio Buieé; TDM: Rio Turvo Dom Mingote; TS: Rio Turvo- SAEE; TB: Rio Turvo-Buieé)

Pontos amostrados	IET
TF	10,4
TTB	10,91
TDM	9,16
TS	10,17
TB	9,63

De acordo com o critério adotado pelo índice de Carlson, o qual estabelece valores de IET abaixo de 44 para ambiente oligotrófico, entre 44 e 54 para ambiente mesotrófico e acima de 54 para ambiente eutrófico, os valores registrados para o IET do Rio Turvo Sujo estiveram abaixo de 44, em todos os pontos amostrados.

#### **4.2.7. Frequência de Ocorrência**

A análise de frequência de ocorrência de cianobactérias apresentou a seguinte distribuição entre os 12 táxons: 3 táxon raros (5%): *Nostoc muscorum*, *Cylindrospermum licheniforme* e *Scytonema* sp.; 4 espécies comuns com 10%: *Nostoc carneum*, *Nostoc commune*, *Nostoc* sp.<sub>2</sub> e *Calotrix* sp.; 2 táxon comuns com 15%: *Phormidium* sp. e *Pseudoanabaena catenata*, e 1 com 20%: *Nostoc* sp.<sub>1</sub>; além de 2 táxon comuns com 25%: *Synechococcus nidulans* e *Anabaena ambigua*.

#### **4.2.8. Análise estatística dos dados**

As análises estatísticas dos dados das variáveis físicas e químicas não foram significativas em relação aos períodos, aos pontos estudados e a interação período x pontos, não mostrando relação entre as variáveis ambientais e a ocorrência das cianobactérias

Tabela 7 – Resumo da análise de variância das variáveis físicas e químicas do Rio Turvo Sujo. (GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação; NS: não significativo; TEMP: temperatura, pH, TRA: transparência da água, C: clorofila, CE: condutividade elétrica, OD: oxigênio dissolvido, DBO: demanda biológica de oxigênio, DQO: demanda química de oxigênio, NT: nitrogênio total, NO<sub>3</sub>: nitrato, PT: fósforo total)

36

QUADRADOS MÉDIOS												
FV	GL	TEMP	pH	TRA	C	CE	OD	DBO	DQO	N <sub>T</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P <sub>T</sub>
PONTOS(P)	4	0.52 <sup>NS</sup>	0.81 <sup>NS</sup>	146.19 <sup>NS</sup>	0.35 <sup>NS</sup>	95.74 <sup>NS</sup>	1.11 <sup>NS</sup>	82.77 <sup>NS</sup>	2137.11 <sup>NS</sup>	8.622 <sup>NS</sup>	0.310 <sup>NS</sup>	0.113 <sup>NS</sup>
ÉPOCA(E)	1	4.27 <sup>NS</sup>	0.40 <sup>NS</sup>	463.68 <sup>NS</sup>	0.45 <sup>NS</sup>	185.65 <sup>NS</sup>	12.60 <sup>NS</sup>	414.47 <sup>NS</sup>	8616.96 <sup>NS</sup>	11.505 <sup>NS</sup>	3.838 <sup>NS</sup>	0.125 <sup>NS</sup>
PxE	4	0.28 <sup>NS</sup>	0.11 <sup>NS</sup>	125.91 <sup>NS</sup>	0.35 <sup>NS</sup>	91.36 <sup>NS</sup>	0.88 <sup>NS</sup>	119.26 <sup>NS</sup>	3509.83 <sup>NS</sup>	5.751 <sup>NS</sup>	0.329 <sup>NS</sup>	0.119 <sup>NS</sup>
RESÍDUO	30	1.93	0.94	199.83	0.50	413.89	1.74	93.76	3594.51	36.347	0.564	0.125
CV(%)		6.37	4.44	28.18	46.32	38.33	20.84	63.48	81.35	89.422	40.567	70.554

## **5. DISCUSSÃO**

### **5.1. Influência das variáveis físicas e químicas na proliferação de cianobactérias**

Durante o período de monitoramento, nos pontos amostrados, a temperatura da água do rio não ultrapassou os 23 °C. Segundo CHORUS & BARTHAM (1999), a maioria das cianobactérias apresenta um maior crescimento em ambientes onde as temperaturas estão entre 15° e 30 °C, atingindo o crescimento máximo em temperaturas acima dos 25 °C.

O aparecimento de cianobactérias nos corpos d'água está mais relacionado à radiação solar do que à temperatura, pois os organismos possuem estratégias e são capazes de sobreviver em ambientes que apresentam temperaturas tanto baixas como altas, principalmente quando estão associados a um ótimo de incidência luminosa. Segundo YUNES (2002), a temperatura mínima para a ocorrência de cianobactérias é de 20 °C, embora existam espécies que sobrevivam em temperaturas inferiores a – 5 °C, como é o caso das espécies encontradas na Antártica.

As temperaturas registradas no mês de abril (22,8 ° a 23 °C) foram bem semelhantes aos valores obtidos no mês de novembro (22,7 ° a 22,9 °C), entretanto só houve registro de cianobactérias no mês de abril, não havendo um padrão que explicasse a relação entre a temperatura e a densidade de células de cianobactérias, indicando a influência de outros fatores, como por exemplo, a concentração de nutrientes.

A biota aquática exerce influência direta sobre as características físicas e químicas da água, dentre elas, o pH, pois, por meio do processo fotossintético, há consumo de CO<sub>2</sub> pelas macrófitas aquáticas, cianobactérias e microalgas o que faz o pH da água se elevar, ocorrendo o contrário com o processo respiratório. Segundo MATSUMURA-TUNDISI *et al.* (1986), em estudo realizado na lagoa do Taquaral - Campinas, SP, houve associação entre a elevação do pH da água e o intenso processo fotossintético ocorrido no meio.

Os organismos aquáticos estão, geralmente, adaptados a ambientes que apresentam pH neutro, pois grandes variações no pH inibem o aparecimento dos mesmos (MAGALHÃES, 2007). De acordo com MAIER (1987), as águas dos rios brasileiros apresentam valores de pH com tendência neutra a ácida, o que foi observado no Rio Turvo Sujo. As áreas amostradas apresentaram valores de pH dentro do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, a qual sugere que o pH deve variar de 6,0 a 9,0. A presença das cianobactérias no Rio Turvo Sujo não esteve relacionada, diretamente, com o pH, sendo que o mesmo foi favorável ao aparecimento dos organismos.

Durante o monitoramento realizado no mês de abril, foram registrados os menores valores de transparência da água, os quais foram coincidentes com os maiores valores de clorofila-*a* e, conseqüentemente, maior densidade de cianobactérias, indicando um aumento na produtividade primária do sistema. TUCCI-MOURA (1996) mostrou que existe uma associação entre valores elevados de transparência da água com menor densidade de cianofíceas. O autor ressalta que, nos meses onde a transparência da água foi mais elevada, não houve a ocorrência de cianobactérias. BRANCO & SENNA (1994) constataram que a transparência da água é inversamente proporcional à concentração de clorofila-*a*, pois quanto menor a transparência da água menor será a quantidade de luz que irá penetrar na água, interferindo no processo fotossintético e, conseqüentemente, afetando a produtividade primária do sistema.

O maior índice de condutividade elétrica foi registrado no mês de novembro, em todos os pontos, provavelmente em decorrência do período chuvoso, quando ocorreu maior aporte de matéria orgânica, propiciando o aumento da atividade decompositora no meio aquático, acarretando aumento na concentração de íons disponíveis nas águas do Rio Turvo Sujo. O mesmo resultado foi registrado por GENTIL (2000), em seu estudo realizado no Lago das Garças, em São Paulo, onde

foi encontrado uma condutividade elétrica maior nas águas coletadas nos meses de maior precipitação.

A concentração de oxigênio dissolvido (OD) registrada no Rio Turvo Sujo foi inferior a  $9,0 \text{ mg L}^{-1}$ , durante todos os meses estudados, o que indicou haver a presença de material orgânico nas águas. Segundo VON SPERLING (1996), o teor de oxigênio dissolvido na água isenta de material orgânico em suspensão, sob condições normais de temperatura e pressão, é de aproximadamente  $9,0 \text{ mg L}^{-1}$ . No mês de novembro (período chuvoso), foram registradas as menores concentrações de OD ( $1,89 \text{ mg L}^{-1}$ ) no ponto TF. De acordo com MATOS (2006), é comum a ocorrência de baixa concentração de OD em águas superficiais, notadamente no início da estação chuvosa, em razão do arraste de material orgânico e lodos do solo para o leito dos rios. Geralmente, é no período de menor precipitação que ocorrem maiores valores de OD nas águas de rios. Entretanto, o estudo realizado por GUERESCHI & MELÃO (1997) no Rio Monjolinho, SP, mostram as maiores concentrações de OD nos meses onde ocorreram as maiores precipitações.

As baixas concentrações de oxigênio dissolvido no Rio Turvo Sujo, no mês de novembro, estiveram associadas ao aporte de matéria orgânica e sólidos em suspensão proporcionada pelo escoamento superficial ocorrido no período, os quais elevaram a turbidez da água e interferiram na penetração de luz, aumentando a atividade decompositora das bactérias. As cianobactérias podem sobreviver em ambientes com pouca luz, devido à presença de pigmentos acessórios que permitem aos organismos ampliar a faixa de absorção de luz para a realização da fotossíntese. No entanto, a ausência de células de cianobactérias nos pontos amostrados, durante o mês, pode ter sido em decorrência de outros fatores, tais como a velocidade da água.

As concentrações de OD registradas no mês de novembro estiveram abaixo do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, a qual determina concentrações igual ou acima de  $5 \text{ mg L}^{-1}$  para corpos d'água de classe 2.

Foram registradas altas concentrações de DBO nos meses de abril, setembro e novembro, ultrapassando o padrão estabelecido pelo CONAMA 357/05, ou seja, de  $5 \text{ mg L}^{-1}$  para os corpos de água da classe 2. A quantidade de matéria orgânica facilmente degradável no meio é o fator decisivo para os valores de DBO.

Conforme explicado anteriormente, em períodos de início das chuvas ocorre grande carreamento de material orgânico para o leito dos rios. O material orgânico

proporciona, primeiramente, aumento da concentração de DBO nas águas e, por consequência, diminuição na concentração de OD, conforme observado na Tabela 1.

As mesmas razões discutidas acima para OD e DBO são cabíveis para explicar o comportamento da variável DQO nas águas do Rio Turvo Sujo, ao longo do ano.

A matéria viva é constituída de vários elementos essenciais, dentre eles o nitrogênio que configura como um dos principais elementos, sendo de fundamental importância para o metabolismo dos organismos vivos, nos ecossistemas aquáticos (GENTIL, 2000). Segundo ARRUDA (1997) e ELSER *et al.* (1990), tanto em ambientes continentais tropicais como nos temperados, a relação nitrogênio/fósforo é limitante para o crescimento do fitoplâncton. A relação N:P, no Rio Turvo Sujo, foi alta (acima de 16:1) durante todo o período do monitoramento, o que proporcionou o limitado aparecimento das cianobactérias.

Nos cinco pontos estudados ao longo do Rio Turvo Sujo, verificou-se uma diminuição na concentração de  $N_T$  no mês de novembro (período de maior precipitação). O mesmo resultado foi encontrado por MAGALHÃES (2007), em seu estudo em mananciais de abastecimento de água da cidade de Viçosa, MG. O contrário foi verificado por GENTIL (2000), em um estudo no Lago das Garças, SP, onde a maior concentração de  $N_T$  nas águas ocorreu nos períodos de chuva. A diminuição na concentração de  $N_T$  nas águas do Rio Turvo Sujo deve estar associada ao efeito da diluição de suas águas, durante o período chuvoso.

Embora PIZETTA (2007) tenha afirmado que o íon amônio ( $NH_4^+$ ) é, provavelmente, o constituinte inorgânico que mais contribui para alterar as concentrações de  $N_T$  no ambiente aquático, nas águas do Rio Turvo Sujo esse fato não foi confirmado. As concentrações obtidas de  $NH_4^+$  só foram detectáveis no ponto TS nos períodos de seca (mês de abril =  $0,27 \text{ mg L}^{-1}$ ) e chuva (mês de setembro =  $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ ). Aparentemente as concentrações de OD encontradas nas águas do Rio Turvo Sujo, foram suficientes para a oxidação do  $NH_4^+$  a nitrato ( $NO_3^-$ ) ou para remoção deste íon pelo próprio fitoplâncton, conforme sugerido por WETZEL (1993).

Elevadas temperaturas e aeração favorecem a decomposição do material orgânico e a oxidação do N, proporcionando a liberação de  $NO_3^-$  no meio, ainda assim, em águas superficiais, raramente a concentração de  $NO_3^-$  ultrapassa  $5 \text{ mg L}^{-1}$  a menos que haja algum tipo de poluição localizada (MATOS, 2001). As

concentrações mais elevadas de  $\text{NO}_3^-$  no Rio Turvo Sujo, foram registradas no período chuvoso, sendo que nesses meses não houve registros de cianobactérias nas amostras de água. As células obtidas foram provenientes do enriquecimento de amostras, em laboratório. No ponto TS, o qual é utilizado pela ETA II para captação de água para o abastecimento da população da cidade de Viçosa, foram registradas concentrações de  $\text{NO}_3^-$  inferiores às estabelecidas pela Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde (padrões de potabilidade da água), e segundo a Resolução CONAMA 357/05, relativas à qualidade da água, o valor máximo é de  $10 \text{ mg L}^{-1}$ .

As concentrações de fósforo total ( $P_T$ ), obtidas nas águas do Rio Turvo Sujo, excederam o padrão estabelecido na Resolução CONAMA 357/05, para ambientes lóticos (classe 2), que é de  $0,100 \text{ mg L}^{-1}$ , apenas no mês de julho, quando foi obtido o valor de  $0,11 \text{ mg L}^{-1}$ . O mesmo foi verificado por MAGALHÃES (2007), para o mesmo ponto de amostragem no Rio Turvo Sujo. De acordo com MARQUES (2006), há maior concentração de P nas águas superficiais, durante o período chuvoso, devido à maior entrada de matéria orgânica na água, por escoamento superficial, proveniente da superfície do solo. Entretanto, neste estudo, esta correlação não ficou evidente.

Nos pontos amostrados no Rio Turvo Sujo, durante todo o monitoramento, não foi detectada, dentro do limite de detecção da técnica empregada, a presença de ortofosfatos, sendo esse um fator importante para manter o baixo grau de trofia daquele ambiente. A manutenção de baixas concentrações de ortofosfato minimiza os problemas de eutrofização em ambientes aquáticos, pois a concentração de ortofosfato está, diretamente, relacionada com o crescimento do fitoplâncton. O ortofosfato, após ser liberado na degradação das substâncias orgânicas, é absorvido rapidamente pelas cianobactérias e microalgas presentes no meio.

Em ambientes aquáticos, a sílica é proveniente da decomposição das rochas (minerais de silicato), sendo um composto de grande importância para a formação das frústulas de diatomáceas. Nesse estudo, foram registradas baixas concentrações de sílica, tanto no período de seca quanto no de chuva. Não houve relação significativa entre a presença de diatomáceas, no mês de abril, e as concentrações de sílica encontrada no meio.

A velocidade da água, nos pontos amostrados do Rio Turvo Sujo, contribuiu para a baixa densidade de células de cianobactérias, pois esses organismos são mais comuns em ambientes que apresentam retenção de águas. Os rios, com forte



correnteza, não mantém comunidades densas de fitoplâncton porque estes organismos são levados facilmente pelo fluxo da água (SCHÄFER, 1985).

## 5.2. Variáveis Biológicas

As baixas concentrações de clorofila-**a**, em todos os pontos amostrados, refletiram as características oligotróficas do ambiente estudado, associado à baixa produtividade primária do meio. Elevadas concentrações de clorofila-a ( $65,55 \mu\text{g L}^{-1}$ ) foram registradas por WOSIACK (2005), em seu estudo na Praia Artificial de Entre Rios do Oeste, Reservatório de Itaipu, onde as concentrações ultrapassaram o limite estabelecido pelo CONAMA 357/05 que é de  $30 \mu\text{g L}^{-1}$  para corpos d'água de classe 2.

As baixas densidades de cianobactérias, registradas nos meses de abril e julho (período seco), foram representadas pelos gêneros *Nostoc* e *Synechococcus*. No entanto, no período chuvoso (setembro e novembro), esse resultado não se repetiu e não foi registrada a presença de cianobactérias nas águas do Rio Turvo Sujo, em decorrência da maior solubilidade dos nutrientes e da velocidade adquirida pela água, no período.

A Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde, que estabelece o padrão de potabilidade da água, determina uma concentração máxima de 20.000 células de cianobactérias por mililitro ( $\text{cel.mL}^{-1}$ ) para águas de mananciais. Os valores obtidos de densidade de célula nos pontos amostrados no Rio Turvo Sujo, durante o monitoramento, foram inferiores ao estabelecido na citada Portaria. A maior (263  $\text{cel/mL}$ ), e a menor densidade de células (100  $\text{cel/mL}$ ) foram registradas no mês de abril, nos pontos TDM e TS, respectivamente. Segundo WOSIACK (2005), estudando o Reservatório de Itaipu, na Praia Artificial de Entre Rios do Oeste, registrou elevadas densidades de cianobactérias (204.655  $\text{cel/mL}$ ), nas amostras de água que ultrapassaram o limite estabelecido pela Portaria MS/518 de 2004.

Os táxons isolados *Nostoc carneum*, *Nostoc* sp.1, *Nostoc* sp. 2, *Nostoc muscorum*, *Cylindrospermum licheniforme*, *Anabaena ambigua*, *Calotrix* sp., *Scytonema* sp., *Phormidium* sp. e *Pseudoanabaena catenata*, foram obtidos após o enriquecimento das amostras, em laboratório. Este fato demonstra que os organismos estavam presentes na água, em forma latente (acinetos, hormogônios e/ou hormocistos), e que poderão formar florações caso as condições do ambiente se

tornem favoráveis ao seu crescimento. As espécies de *Nostoc commune* e *Synechococcus nidulans* foram isoladas de amostras provenientes diretamente da água, sendo gêneros potencialmente produtores de toxinas, que podem formar florações quando as condições ambientais se tornarem favoráveis.

As florações de cianobactérias registradas recentemente no Rio das Velhas e no Rio São Francisco, Minas Gerais, foram constituídas principalmente pela *Cerocabo brasiliense*, produtora de microcistina. A causa dessa floração foi a baixa precipitação ocorrida no mês de setembro, em todo o Estado, que ocasionou um aumento na concentração de nutrientes, provenientes dos esgotos lançados diretamente no rio e a diminuição da vazão do curso d'água que levou a formação de áreas de remanso. Todas essas condições foram favoráveis ao aparecimento dos microrganismos nas águas.

No período chuvoso, não houve registros de células de cianobactérias nas águas do Rio Turvo Sujo. Provavelmente, o fato está relacionado ao aumento da velocidade das águas, comum neste período, em razão de maior vazão, o que dificultou o estabelecimento dos microrganismos no ambiente.

No ponto TB, representante de um ambiente não antropizado, foi registrado a presença de quatro táxons de cianobactéria, somente após o enriquecimento das amostras: *Synechococcus nidulans*, *Scytonema* sp., *Anabaena ambigua* e *Nostoc* sp.<sup>1</sup>. O gênero *Scytonema* sp. foi encontrado apenas nesse em TB na coleta do mês de julho (período de seca). O gênero é epipífítico, ou seja, está presente, geralmente, sobre substratos (vegetação e rochas). A margem do rio, no ponto de coleta, apresentava uma vegetação densa, provavelmente, os filamentos de *Scytonema* sp. foram coletados juntamente com o plâncton.

Os outros três gêneros/espécies isoladas em TB foram: *Synechococcus nidulans*, *Anabaena ambigua* e *Nostoc* sp.<sup>1</sup>. A ocorrência dessas espécies coincidiram com as espécies encontradas nos outros pontos de coleta (áreas antropizadas), embora os registros tenham ocorrido após o enriquecimento das amostras, no laboratório.

A análise de similaridade mostrou que a maior parte das espécies de cianobactérias está reunida num mesmo grupo, o que é uma evidência de que esses agrupamentos são naturais. A espécie de *Scytonema* sp. aparece separada das outras espécies devido a sua ocorrência somente em um ponto (TB), no período da seca.

Em relação ao Índice de Estado Trófico do Rio Turvo Sujo, os resultados obtidos, em todos os pontos amostrados foram inferiores a 44, caracterizando, portanto, um ambiente oligotrófico. A grande contribuição para essa condição, relaciona-se às baixas concentrações de nutrientes no rio, apesar dos lançamentos de esgotos domésticos que acontecem em suas águas. Essa condição também contribuiu para a baixa diversidade e densidade de células de cianobactérias no rio.

A frequência de ocorrência indicou que três espécies são consideradas raras dentre os 12 táxons isolados: *Scytonema* sp., *Nostoc muscorum* e *Cylindrospermum licheniforme*, as quais foram registradas apenas no período de seca, onde provavelmente as condições ambientais favoreceram o aparecimento das mesmas.

Embora os resultados obtidos com os testes estatísticos tenham registrado que as variáveis físicas e químicas analisadas na água do Rio Turvo Sujo não tenham influenciado o aparecimento das cianobactérias, foi possível observar que, no mês de novembro, a ausência de células de cianobactérias coincidiu com as condições ambientais desfavoráveis ao desenvolvimento e estabelecimento das mesmas.

## **6. CONCLUSÕES**

O estudo comprovou a eficácia do monitoramento mensal dos rios e a sua importância como prática de prevenção e controle da manutenção da qualidade das águas.

O controle das florações de cianobactérias, essencial para os corpos d'água utilizados para o abastecimento público deve ser realizado, mensalmente, pelos órgãos responsáveis, como uma prática de prevenção e controle de cianobactérias.

A metodologia utilizada neste estudo foi de baixo custo e eficiente para fornecer informações importantes sobre a qualidade das águas do Rio Turvo Sujo, no que se refere à ocorrência de cianobactérias tóxicas e, poderá ser facilmente implementado pelos técnicos dos serviços de abastecimento de águas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, R.E. 2000. Systematic and Ultrastructure of New and Rare Chrysophytes from Colorado and Wyoming Lakes. Ph.D. Dissertation. Colorado. Colorado State University. USA. p.280.

AGUIAR, R. 1992. Estudos de Fatores que interferem no Crescimento de Cianobactérias de Vida Livre, Fixadoras de Nitrogênio e o Isolamento de Mutantes Espontâneos. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, São Paulo, p.122.

ALLEN, M.M. 1973. Methods for Cyanophyceae. In: Handbook of Phycological Methods, Culture Methods and Growth Measurements (J.K Stein, ed.). New York, Cambridge University Press. p.127-138.

ANAGNOSTIDIS, K. & KOMÁREK, J. 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3 – Oscillatoriales. Algological Studies 50-53: p.327-472.

ANAGNOSTIDIS, K. & KOMÁREK, J. 1985. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 1 – Introduction. Algological Studies 38-39: p.291-302.

APHA. 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 12.ed. A.P.S., New York, USA, p.769.

ARRUDA, P.R.R. 1997. Uma contribuição ao estudo ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, p.198.

AZEVEDO, S.M.F.O. & VASCONCELOS, V.M. 2006. Toxinas de Cianobactérias: Causas e Conseqüências para a Saúde Pública. *In: Ecotoxicologia Aquática: Princípios e Aplicações* (P.A Zagatto & E. Bertolotti, eds). Rima, São Paulo, p.433-458.

- BARUQUI, F.M. 1982. Inter-relações solos-pastagens nas regiões da Mata e Rio Doce do estado de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, p.119.
- BICUDO, C.E.M. 1994. The decrease of biodiversity in aquatic habitats. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 5: p.37-47.
- BRANCO, S.M. 1986. Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária. 3ª ed. São Paulo: Cetesb/Ascetesb.
- BRANCO, S.M. 1983. Poluição: A morte de nossos rios, 2ª ed., São Paulo Ascetesb, p.166.
- BRANCO, C.W.C & SENNA, P.A.C. 1996. Phytoplankton composition, community structure and seasonal changes in a tropical reservoir (Paranoá Reservoir. Brazil). *Archive Hydrobiology*, v. 81, p.69-84.
- BRANCO, C.W.C. & SENNA, P.A.C. 1994. Factors influencing the development of *Cylindrospermopsis raciborskii* and *Microcystis aeruginosa* in the Paranoá Reservoir, Brasilia-Brasil, *Algol Stud*, 75: p.85-96.
- BRASIL. 2005 a. Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde. Portaria nº 518 de 25 de março de 2004: estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, p15.
- BRASIL. 2005b. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005: dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília.
- BRASIL. 2002. Presidência da República. Casa Civil Lei 9433 de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, estabelece em seus fundamentos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/leis/9433.htm>. Acesso em: 30 Nov 2007.
- CALIJURI, M.C.; ALVES, M.S.A. & SANTOS, A.C.A. dos. 2006. Cianobactérias e Cianotoxinas em Águas Continentais, 1ª ed. São Carlos: Rima. p.109.
- CARMICHAEL, W.W. 1994. The toxins of cyanobacteria. *Scientific American* 270(1): p.64-72.
- CARMICHAEL, W.W. 1992. Cyanobacteria secondary metabolites – The cyanotoxins. *Jornal of. Appl. Bact.*, 72: p.445-459.
- CHORUS, I. & BARTRAM, J. 1999. Cyanobacteria in Water: A Guide to Public Health Significance, Monitoring and Management. E. & FN Spon, London. p.416.

DAKER, A.A. 1989. Água na Agricultura: Irrigação e Drenagem. 7ª ed. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos, v.3. p.543.

DELGADO, P.C.S & GIANI, A. 1996. Impactos provocados por um gradiente de poluição sobre a comunidade fitoplanctônica do reservatório de Furnas. In: Resumos do 3º Congresso de Ecologia de Brasil, Caxambu-Minas Gerais. p.411.

DESIKACHARY, T.V. 1959. Cyanophyta. New Dheli, Indian Council of Agricultural Research. p.686.

ELSER, J.J.; MARZOLF, E.R. & GOLDMAN, C.R. 1990. Phosphorus and nitrogen limitation of phytoplankton in freshwaters of North America: a review and critique of experimental enrichments. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 47: p.1468-1477.

ESTEVEZ, F.A. 1988. Fundamentos da Limnologia Interciência. Rio de Janeiro, Interciência: FINEP. p.574.

FUNASA, 2003. Cianobactérias tóxicas na água para consumo humano na saúde pública e processos de remoção em água para consumo humano. Brasília: Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde. p.56.

FONTES, L.E.F.; FERNANDES, R.B.A. & RODRIGUES, J.S. 2006. Recursos Hídricos e Percepção Ambiental no Município de Viçosa, MG. Viçosa-MG, p.131.

FRITZSONS, E.; HINDIL, E.C.; MANTOVANI, L.E. & RIZZI, N.E. 2003. Conseqüências da alteração da vazão sobre alguns parâmetros de qualidade de água fluvial. Revista Floresta, 33(2): p. 201-214.

GEITLER, L. 1932. Cyanophyceae. In: Rabenhorst's kryptogamenflora Von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Akad. Verlagsges. Leipzig. New York. 14: p.1-1196.

GENTIL, R.G. 2000. Variação sazonal do fitoplâncton de um lago subtropical eutrófico e aspectos sanitários, São Paulo, SP. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. São Paulo. p.140.

GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S. & OHMSTAD, M.A.M. 1978. Methods for physical and chemical analysis of freshwater. 2<sup>nd</sup> ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications. (IBP Handbook n° 8).

GUERESCHI, R.M. & MELÃO, M.G.G. 1997. Monitoramento Biológico da bacia hidrográfica do Rio Monjolinho pelo uso de macroinvertebrados bentônicos. Anais. VIII Seminário de Ecologia. v.3, p.61-76.

KOMÁREK, J. 2002. Problems in cyanobacterial taxonomy: implication for most common toxin producing species. In: Workshop Freshwater Harmful Algal Blooms: health risk and control management 2000, Roma. Proceedings. Roma: Instituto Superiore di Sanità. Rapporti ISTISAN 0219. p.6-43.

- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. 1998. Cyanoprokaryota. 1. Teil: Chroococcales. In: Ettl. H.G. Gärtner. H. Heynig & D. Mollenhauer (eds): Süßwasserflora von Mitteleuropa, 19: p.1-545.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. 1989. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 2 Chroococcales. *Algol. Stud.*43: p.157-226.
- KUGRENS, P.; CLAY, B, L. & AGUIAR, R. 2000. Ultrastructure of *Lobocharacium coloradoense*, Gen. Et. Sp. Nov. (Chlorophyta, Characiosiphonaceae), an unusual coenocyte from Colorado. *Journal of Phycology*, 36: p.421-432.
- KRUPEK, R.N. 2006. Estudos das comunidades de macroalgas da Bacia do Rio das Pedras, Guarapuava, Paraná: flora e dinâmica sazonal. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR. p.101.
- HENRIQUE, J., AFONSO, J. & BOLLMAN, S. 2007. O verde invade o Velhas. *Manuelzão* 43: p.10-11.
- HUSZAR, V.L.; SILVA, L.H.S.; MARINHO, M.; DOMINGOS, P. & SANT'ANNA, C.L. 2000. Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. *Hidrobiologia*. v.424: p.67-77.
- KEMPERS, A.J. & ZWEERS, A. 1986. Ammonium determination in soil extracts by the salicylate methods. *Commun.in Soil Sci. Plant. Anal.* 17: 715-723..
- LEE, R.E., 1999. *Phycology*. 2<sup>a</sup> ed. Cambridge University Press. New York, p.645.
- LOBO, E. & LEIGHTON, G. 1986. Estructuras comunitárias de las fitocenosis planctônicas de los sistemas de desembocaduras de rios y de la Zona Central de Chile. *Revista de Biología. Mar Valparaíso*; 22(1): p.1-29.
- LORENZI, A.S. 2004. Abordagens Moleculares para detectar cianobactérias e seus genótipos produtores de microcistinas presentes nas represas Billings e Guarapiranga, São Paulo. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Piracicaba-SP. p.92.
- MADDOCK, I. 1999. The importance of physical habitat assessment for evaluating river health. *Freshwater Biology*. 41: p.373-391.
- MAGALHÃES, A.B.S. 2007 Ocorrência de cianobactérias em manancias de abastecimento de água para consumo humano no município de Viçosa – MG. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG. p.143.
- MAGALHÃES, V.F.; SOARES, R.M. & AZEVEDO, S.M.F.0. 2001 Microcystin contamination in fish from the Jacarepaguá (Rio de Janeiro, Brazil): ecological implication and human health risk. *Toxicon*, v.39, p.1077-85.



MAIER, M.H. 1987. Ecologia de bacia do Rio Jacaré-Pepira (47°55'-48°55' W; 22°30'-21°55' S, Brasil). Qualidade do Rio principal. *Ciência e Cultura* 39 (2): p.164-185.

MARGALEF, R. 1983. *Limnologia*. Barcelona, Omega, p.1009.

MARQUES, A.K. 2006. Análise da diversidade fitoplanctônica no reservatório da Usina Hidroelétrica Luis Eduardo Magalhães, no médio Tocantins-TO: estrutura da comunidade, flutuações temporais e espaciais. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Tocantins. Palmas-TO. p.157.

MATOS, A.T. 2001. *Poluição ambiental e seus efeitos*. Brasília: ABEAS; Viçosa: DEA/UFV, (ABEAS – Curso de Uso Racional dos Recursos Naturais e seus Reflexos no Meio Ambiente. Módulo 6). 121p.

MATOS, A.T. 2006. Qualidade do meio físico ambiental. Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais. (Série Caderno Didático n ° 33), Viçosa-MG. p.54.

MATOS, A.T. 2007. Qualidade do meio físico ambiental. Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais. (Série Caderno Didático n ° 34), Viçosa-MG. p.62.

MATOS, A.T.; SILVA, D.D. & PRUSKI, F.F. 2000. Barragens de terra de pequeno porte. *Imprensa Universitária*. (Série Caderno Didático 73), Viçosa-MG. p.122.

MATSUMURA-TUNDISI, T.; HINO, K. & ROCHA, O. 1986. Características limnológicas da Lagoa do Taquaral (Campinas, SP) um ambiente hipereutrófico. *Ciência e Cultura*, 38 (3): p. 420-425.

MATSUZAKI, M.; MUCCI, J.L.N. & ROCHA, A.A. 2004. Phytoplankton community in a recreational fishing lake, Brazil. *Revista de Saúde Pública*, v.38, n.5, p.679-686.

MUELLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. New York: John Willey & Sons, p.547.

MUR, L.R.; SKULBERG, O.M. & UTKILEN, H. 1999. Cyanobacteria in the environment. In: *Toxic Cyanobacteria in Water: a guide to their public health consequences, monitoring and management*. (Chorus, I. & Bartram, J., eds.). London: E. & F.N. Spon. p.15-40.

PATTINSON, S.N.; GARCÍA-RUIZ, R. & WHITTON, B.A. 1998. "Spatial and seasonal variation in denitrification in the Swale-Ouse System, a river Continuum." *The Science of the Total Environment* 210/211:p.289-305.

PETRUCIO, M. 2003. Produtividade bacterioplanctônica e fitoplanctônica nos ecossistemas aquáticos do trecho médio da bacia do Rio Doce, MG. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos. São Paulo, p.111.

PIZETTA, G.T. 2007. Alterações nas características limnológicas e na estrutura da comunidade fitoplanctônica durante as obras hidráulicas da UHE Capim Branco I, Rio Araguari-MG. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte-MG. p.117.

REIS, M.C. Blooms de Cianobactérias <http://www.naturlink.pt/canais/Artigo.asp?iArtigo=2369&iLingua=1>. Acesso em 20 de jan de 2007.

RIBEIRO, P.R. da S. 2002. Caracterização química, física e microbiológica de cursos d'água da Bacia do Rio Turvo Limpo. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG. p.175.

SANTA'ANNA, C.L. & AZEVEDO, M.T.P. 2000. Contribution to the knowledge of potentially toxic cyanobacteria from Brazil. *Nova Hedwigia*, 71: p.359-385.

SANTOS, A.R. dos 2001. Caracterização Morfológica, Hidrológica e Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Turvo Sujo, Micro-Região de Viçosa, MG. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG. p.118.

SARTORY, D.P. & GROBBELAAR, J.U. 1984. Extraction of chlorophyll **a** from freshwater phytoplankton for spectrophotometric analyses. *Hydrobiol*, 114: p.177-87.

SCHÄFER, A. 1985. Fundamentos da Ecologia e Biogeografia das Águas Continentais. Porto Alegre: Editora da UFGS, p.523.

SILVA, D. 2005. Dinâmica de Populações de *Microcystis* (Cianobactéria) em Pesqueiro na Região Metropolitana de São Paulo, SP, Brasil. Dissertação de Mestrado. Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo. p.158.

SIVONEN, K. & JONES, G. 1999. Cyanobacterial toxins. Toxic Cyanobacterial in Water; A guide to their public health consequences, monitoring and management (Chorus, I. & Bartram, J., eds.). London: E & FN Spon, cap.3, p.41-111.

SMITH, V.H. 1983. Low nitrogen to phosphorus ration favor dominance by blue-green algae in lake phytoplankton. *Science*, 221: p.669-671.

STOERMER, E.F. 1984. Qualitative characteristics of phytoplankton assemblages. In: Shubert E, editor. *Algae as Ecological Indicators*. London: Academic Press; p.49-67.

TEIXEIRA, M.G.L.C.; COSTA, M.C.N.; CARVALHO, V.L.P.; PEREIRA, M.F. & HAGE, E. 1993. Gastroenteritis epidemic in the área of the Itapatica, Bahia, Brazil. *Bulletin of PAHO*, 27(3): p.244-253.

TOLEDO JÚNIOR, A.P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S. J & AGUDO, E.G. 1983. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processos da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*; 12; Camboriú-SC. p.1-34.

TUCCI-MOURA, A.N. 1996. Estrutura Dinâmica da Comunidade Fitoplanctônica numa Lagoa Eutrófica. São Paulo, SP, Brasil, a Curtos Intervalos de Tempo: Comparação entre Épocas de Chuva e Seca. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro da Unesp. Rio Claro.

VALENTE, J.P.S.; PADILHA, P.M. & SILVA, A.M.M. 1997. Oxigênio dissolvido (OD) demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés, Botucatu -SP. Eclética Química, v.22, p.49-66.

VASCONCELOS, V.M. 1994. Toxic cyanobacteria (blue-green algae) in portuguese freshwater. Archiv fur Hydrobiologie, Stuttgart, v.130. p.439-452.

VON SPERLING, M. 1996. Introdução à qualidade das águas e o tratamento de esgotos. 2ªed., Belo Horizonte: DESA/UFMG, v.1, p.243.

WETZEL, R.G. 1993. Limnologia, 2ª ed.; Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian

WETZEL, R.G. & LINKENS, G.E. 1991. Limnological analyses. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Springer- Verlag.

WOSIACK, A.N. 2005. Dinâmica da comunidade de cianobactéria da Praia Artificial de Entre Rios do Oeste, Reservatório de Itaipu, Paraná. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. P.86.

YOO, R.S., CARMICHAEL, W.W.; HOENH, R.C. & HRUDEY, S.E. 1995. Cianobacterial (Blue-Green lgal) Toxins: A resource Guide. American Water Works Association- Research Foundation, USA.p.229.

YUNES, J. 2002. Fatores que levam às florações de cianobactérias. Reunião Sanepar – CT. Curitiba-PR.