

IV-217 – ESTUDO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E HIDROBIOLÓGICOS DA COLUNA DE ÁGUA DA BARRAGEM FAXINAL NO MUNICÍPIO DE CAXIAS DO SUL - RS

Fernanda Ballardín Spiandorello⁽¹⁾

Engenheira Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Gerente de Tratamento de Água do Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE de Caxias do Sul/RS.

Rovana Sussella

Bióloga pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Especialização em Biotecnologia pela Universidade de Caxias do Sul. Bióloga do Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE de Caxias do Sul/RS.

Celso Gustavo Mello

Engenheiro Químico e estudante de mestrado no Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Engenheiro químico do Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE de Caxias do Sul/RS.

Renivo Girardi

Engenheiro Químico pela Universidade de Caxias do Sul. Especialização em Saneamento Básico pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Técnico em Tratamento de Água do Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE de Caxias do Sul/RS.

Rodrigo D'Agostini

Técnico Agrícola pela Escola Agrotécnica Federal de Sertão. Técnico Agrícola do Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE de Caxias do Sul/RS.

Endereço⁽¹⁾: Rua Pinheiro Machado, 1615 - Centro – Caxias do Sul - RS - CEP: 95.020-170 - Brasil - Tel: (54) 3220-8600 - e-mail: fspiandore@samaecaxias.com.br

RESUMO

As barragens são os principais mananciais de abastecimento público do município de Caxias do Sul. O conhecimento das características de suas águas é uma importante ferramenta para o gerenciamento eficaz destes recursos hídricos e para a aplicação de técnicas adequadas ao tratamento para consumo humano. O presente trabalho consiste no levantamento do perfil de coluna d'água da barragem Faxinal. Foram realizadas medidas de dois em dois metros, no ponto de captação, entre maio de 2009 e fevereiro de 2010. O monitoramento envolveu parâmetros físico-químicos, tais como: temperatura, pH, turbidez, cor verdadeira, oxigênio dissolvido, concentrações de ferro, manganês, nitrogênio amoniacal e fósforo, além da determinação do número de indivíduos por mL dos seguintes grupos taxonômicos de fitoplâncton: Bacillariophyta, Chlorophyta, Cryptophyta, Crysophyta, Cyanophyta, Dinoflagelados e Euglenophyta. O trabalho tem como objetivo analisar os parâmetros físico-químicos e o comportamento do fitoplâncton na coluna d'água ao longo do ano, considerando o papel do regime de mistura sobre a disponibilidade de recursos para o fitoplâncton e na qualidade da água do manancial.

PALAVRAS-CHAVE: Barragem, perfil de coluna d'água, limnologia, fitoplâncton.

INTRODUÇÃO

A Barragem do Faxinal é o principal manancial do município de Caxias do Sul, atualmente capaz de abastecer 64% da população urbana. A vazão aduzida do reservatório é de 850 L/s. A barragem, concluída em 1992, possui área alagada de 307 hectares e é capaz de armazenar 32 milhões de metros cúbicos de água, apresentando um tempo de residência médio de 190 dias. A profundidade máxima da barragem é de 35m, entretanto, no ponto de captação, a profundidade alcança trinta metros. A água bruta pode ser captada em diferentes comportas, localizadas aos 2, 4, 6, 8, 16 e 24 m de profundidade. A bacia hidrográfica possui 7000 ha. O reservatório recebe contribuição de três arroios, Faxinal, Alegre e Herval. Na figura 1 pode-se visualizar a barragem e seus afluentes. O ponto 1 representa o ponto de captação.

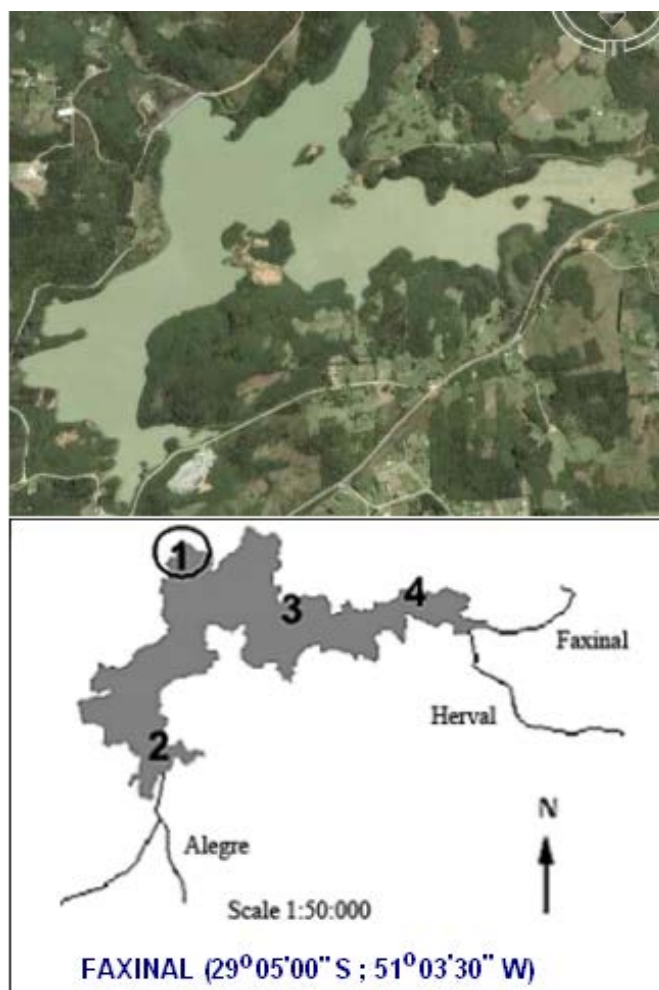


Figura 1: Barragem do Faxinal em Caxias do Sul.

O solo da bacia de contribuição possui usos diversos, sendo predominante a presença de florestas (47%), campos (42,7%) e plantações (9%). A litologia predominante é de basaltos pertencentes à formação Serra Geral. O basalto é formado por magma rico em minerais ferro-magnesianos.

A hidrodinâmica é governada por forças climatológicas como precipitação, ventos e radiação solar. Outra influência relevante é a utilização do manancial para abastecimento público.

Os reservatórios são similares aos lagos naturais, entretanto, existem algumas diferenças devido à interferência provocada pela manipulação humana. O tempo de residência em reservatórios é, de maneira geral, muito menor quando comparado às lagoas naturais.

O estabelecimento de um perfil da coluna d'água está relacionado à estratificação térmica, à transparência (penetração de luz), gradientes de velocidade de fluxo, tempo de residência, concentração de partículas em suspensão, fluxos afluentes e efluentes, nutrientes dissolvidos e presença de uma população de fitoplâncton.

As trajetórias das partículas em suspensão são governadas por fenômenos de advecção (fluxo e ventos), convecção e sedimentação. A sedimentação e a convecção são dominantes no transporte vertical, enquanto que o mecanismo de advecção é responsável pela mistura horizontal.

Através do monitoramento mensal do manancial, foram analisados parâmetros físico-químicos e hidrobiológicos no ponto de captação. Buscou-se estabelecer um perfil vertical para os mesmos, demonstrando a dinâmica dos parâmetros nos diferentes períodos do ano.

Os parâmetros avaliados foram: temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez, cor verdadeira, pH, ferro total, manganês total, fósforo total, nitrogênio amoniacal e composição fitoplancônica. estas variáveis foram escolhidas por serem indicadoras de estratificação da massa hídrica e eutrofização.

O conhecimento das características térmicas do manancial permite prever modificações sazonais na qualidade de suas águas. A temperatura é um dos fatores determinantes dos padrões de estratificação ou mistura de uma massa d'água. Diferenças de temperatura na massa líquida geram camadas de água com diferentes densidades, ocasionando a formação de regiões diferenciadas física, química e biologicamente: epilímnio, metalímnio e hipolímnio. A alternância entre eventos de estratificação/desestratificação e a conseqüente circulação das águas influencia a disponibilidade de nutrientes, afetando o crescimento e as variações sazonais de fitoplâncton.

O oxigênio é uma variável fundamental para o estudo de um corpo hídrico. A dinâmica da distribuição deste elemento nos lagos é governada por um equilíbrio entre as entradas da atmosfera e da fotossíntese e as perdas devidas às oxidações químicas e biológicas. A distribuição do oxigênio é importante para as necessidades diretas de muitos organismos, além de afetar a disponibilidade de nutrientes e a solubilização de metais.

A turbidez é devida a sólidos suspensos, sejam eles de origem orgânica ou inorgânica, sofrendo forte influência das chuvas, do desenvolvimento de fitoplâncton e da presença de óxidos metálicos.

O parâmetro cor verdadeira está relacionado à concentração de sólidos dissolvidos de origens diversas.

O pH pode sofrer intensas alterações ao longo do dia em decorrência de atividade fotossintética. Algumas florações fitoplancônicas podem ocasionar elevações significativas no pH, com valores acima de 9,0. O pH também está intimamente ligado à resolubilização do fósforo, à toxicidade da amônia e às quantidades de carbono inorgânico presentes em um corpo d'água.

Os parâmetros ferro e manganês foram avaliados pela sua predominância na geologia local e suas influências na qualidade da água. Estes dois elementos têm importância na dinâmica de retenção/liberação de diversos nutrientes.

O fósforo foi estudado pelo importante papel que este elemento desempenha no metabolismo biológico. Sua limitada disponibilidade em relação aos demais nutrientes essenciais faz com que freqüentemente seja considerado um fator limitante à produtividade biológica.

O nitrogênio amoniacal, juntamente com o nitrato e o nitrito são compostos relacionados com processos de produção e decomposição. Sendo assim, a distribuição destes compostos na coluna d'água é função destes processos e também, do comportamento térmico do manancial.

O fitoplâncton tem sua importância relacionada à base da cadeia trófica como produtores primários. Além disto, a ocorrência de intensas florações é um dos indicadores de eutrofização do manancial. A presença de cianobactérias é um dos problemas mais significativos em termos de saúde pública, pelo fato de algumas espécies apresentarem a capacidade de sintetizar cianotoxinas.

Os fatores físicos são dominantes na dinâmica do fitoplâncton. O movimento da água é o fator principal no desenvolvimento do fitoplâncton, influenciando a disponibilidade de luz e nutrientes. Entretanto, estes organismos apresentam diferentes estratégias de sobrevivência em situações adversas, e isso representa uma dificuldade na correlação entre o número de indivíduos de uma espécie e as condições ambientais, definidas pelos parâmetros físico-químicos.

O regime de mistura (estratificação) pode resultar em gradientes tróficos sazonais com marcante influência no desenvolvimento de distintas espécies de fitoplâncton. Populações de fitoplâncton vivem em suspensão na água, de modo que o seu deslocamento é fortemente relacionado com a advecção (transferência de massas de águas). A seleção das espécies está sujeita a essas influências, por isso, fatores climáticos e alterações físicas e químicas na coluna d'água são responsáveis pelo desenvolvimento de diferentes espécies de fitoplâncton.

O regime de mistura não é o único fator que altera a densidade de fitoplâncton, outras influências são: atelomixia parcial (mistura diária restrita ao epilímnio); presença de espécies que podem se movimentar através de flagelos ou aerótopos e de espécies de crescimento rápido, na qual a abundância pode ser alterada em

intervalos diários. O controle do zooplâncton herbívoro pode regular o crescimento do fitoplâncton e espécies mais adaptadas podem migrar para as camadas hipolímnicas se refugiando destes predadores.

Em ambientes instáveis a taxa de crescimento do fitoplâncton é determinada por fatores ambientais. Em ambientes estáveis ocorre competição entre as espécies, de forma que a mais adaptada à condição na qual o equilíbrio ocorre, se prolifera. A ausência de distúrbios leva a exclusão competitiva e a concentração de uma espécie específica de fitoplâncton pode se tornar elevada. Condições de estado de equilíbrio são frequentemente encontradas em lagos ou represas profundas. Os mecanismos controladores do estado de equilíbrio são os responsáveis pela competição entre as espécies. Forças seletivas que aumentam a resistência de determinadas espécies podem conduzir a um estado de equilíbrio.

MATERIAIS E MÉTODOS

As coletas foram realizadas através de coletor de água tipo Ruttner. As metodologias analíticas utilizadas para os parâmetros oxigênio dissolvido, turbidez, cor verdadeira, pH, metais, fósforo e nitrogênio amoniacal foram Winkler modificado, nefelometria, comparação visual, potenciometria, espectrofotometria de absorção atômica, colorimetria e destilação com Nessler, respectivamente. A composição fitoplancônica foi determinada através de coletas realizadas mensalmente no ponto de captação do manancial, iniciando na superfície e seguindo a cada 2 metros de profundidade na coluna de água. As amostras foram fixadas com lugol e a identificação e quantificação realizadas utilizando microscópio óptico e/ou invertido, segundo APHA (1992). Foram determinados ind./mL.

Todas as figuras gráficas foram interpoladas através de spline cúbico. A referência considerada para definição de profundidade de 0m foi a superfície.

RESULTADOS

Os dois fatores básicos responsáveis pelas alterações de todos os parâmetros monitorados são a gravidade, relacionada aos fenômenos de sedimentação; e a temperatura, relacionada à estratificação, equilíbrios termodinâmicos e desenvolvimento do fitoplâncton.

A interferência entre os parâmetros medidos é intensa, o que torna a avaliação complexa. Foram observadas mudanças na composição química da água devido à alteração no equilíbrio termodinâmico e às situações dinâmicas envolvendo fitoplâncton e variações de fluxo.

Na figura 2 encontra-se o perfil da temperatura com a profundidade da barragem durante o período de um ano.

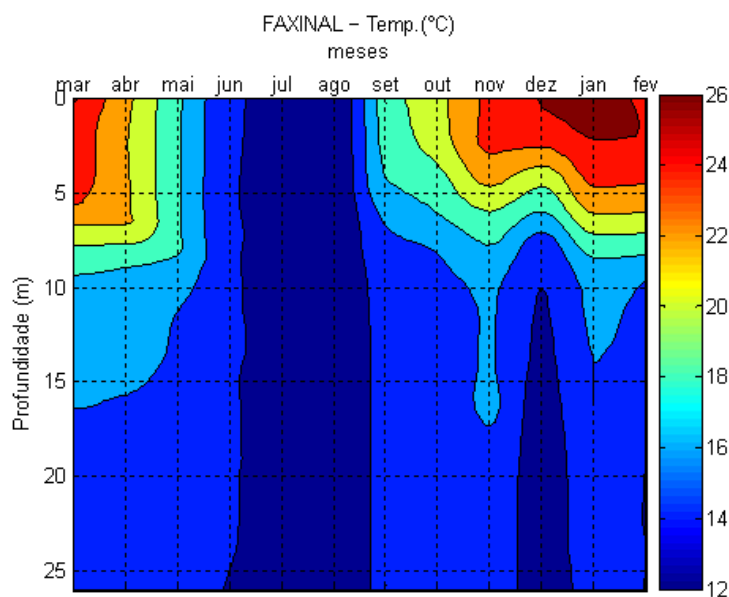


Figura 2: Perfil de temperatura com profundidade 2009/2010.

De acordo com a figura 2, o período de estratificação foi de aproximadamente oito meses. A desestratificação ocorreu entre maio e setembro. Indicando que a barragem do Faxinal classifica-se como um reservatório monomítico quente (um período de circulação por ano no período do inverno). O perfil da concentração de oxigênio dissolvido encontra-se na figura 3. Percebe-se que o oxigênio apresenta-se estratificado durante a maior parte do ano. Em julho foram encontradas altas concentrações no hipolímnio durante a desestratificação. Em abril, também foi verificada homogeneidade na distribuição deste elemento na coluna d'água. Esta situação, quando avaliada em conjunto com a baixa precipitação pluviométrica (figura 4), reduzidas concentrações de fósforo (figura 12) e ausência de florações (figura 22), apesar das elevadas temperaturas no epilímnio (figura 2) observadas no período, sugere que a represa poderia estar apresentando comportamento similar a um lago oligotrófico. Neste tipo de lago as condições de equilíbrio termodinâmico são estabelecidas em toda coluna d'água. A hipótese de comportamento oligotrófico é confirmada pelas figuras 8 e 9, onde se percebe pequenas quantidades de sólidos suspensos e dissolvidos presentes nesta ocasião. Este comportamento ocorreu no final de um longo período de estratificação, em que a represa recebeu pouca contribuição das águas afluentes (devido a baixa pluviosidade) e após a habitual proliferação de algas na primavera. Em maio observou-se aumento na concentração de fósforo próximo à superfície devido provavelmente à ocorrência de chuvas, conforme figura 4, ocasionando o desenvolvimento do grupo Bacillariophyta. (figura 14), alcançando densidade de 5.000 ind/mL. As diatomáceas apresentam maior habilidade competitiva em tóxicas concentrações de fósforo. O aumento na concentração de fósforo (fator limitante) em regiões próximas à superfície proporcionou o desenvolvimento deste grupo. A sedimentação da biomassa morta favoreceu processos bioquímicos que reduziram o oxigênio dissolvido no hipolímnio entre maio e junho, interrompendo o comportamento oligotrófico da barragem.

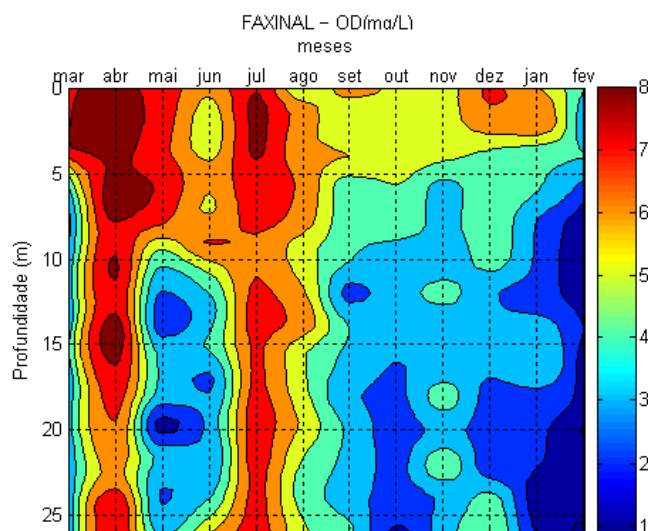


Figura 3: Perfil da concentração de oxigênio dissolvido.

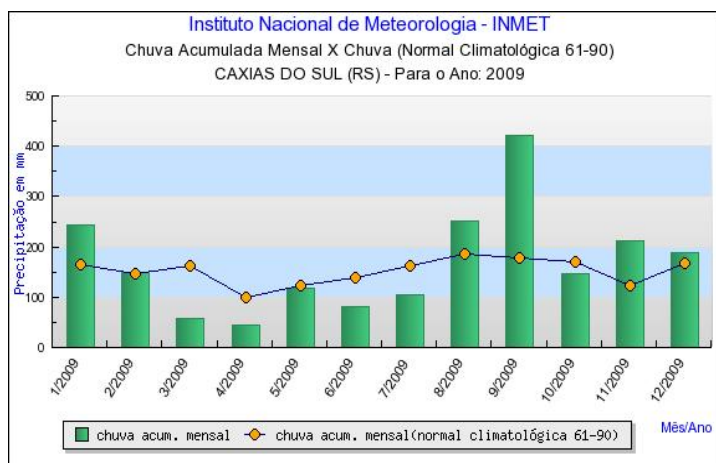


Figura 4: Chuva acumulada mensal, 2009.

Em decorrência da alteração nas condições de equilíbrio entre a coleta e a medida, a metodologia utilizada para a análise do oxigênio dissolvido não se mostrou a mais adequada para os objetivos do estudo. A concentração de oxigênio dissolvido aumenta com a redução da temperatura e com o acréscimo de pressão. Ou seja, em maiores profundidades espera-se elevação na concentração de saturação. As medidas de oxigênio dissolvido não foram efetuadas com sonda no ponto de amostragem, a leitura foi obtida em pressão atmosférica (método de Winkler modificado), por isso, a condição de saturação foi avaliada em relação à 1atm, conforme figura 5, isso significa que encontrar valores de 100% em posições abaixo da superfície não garante a condição de saturação.

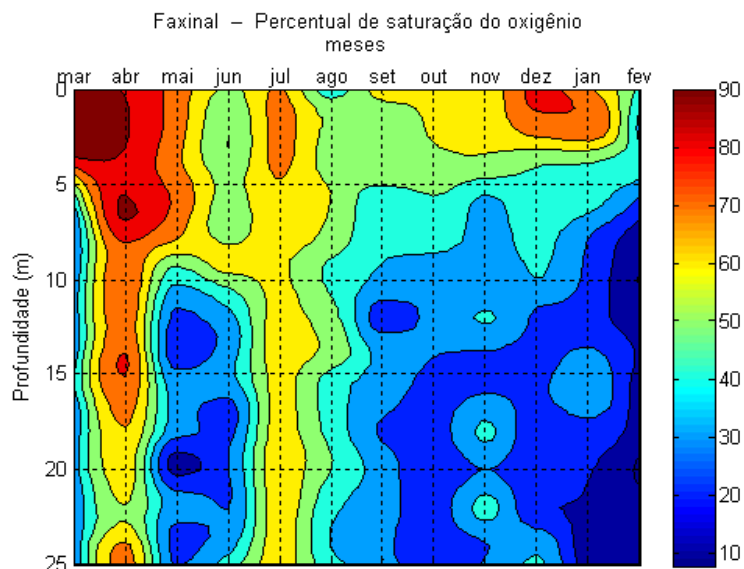


Figura 5: Concentração de saturação do OD, à 1 atm.

Na figura 6, pode-se observar o perfil para concentração de ferro total. O ferro responde de maneira mais lenta a desestratificação, provavelmente devido à extrema lentidão da maior parte das reações redox quando não se dá a catálise apropriada.

No período correspondente a desestratificação, as concentrações de ferro na superfície da barragem permaneceram baixas. Na figura 7 verifica-se o perfil do ferro próximo a superfície. Nesta região a concentração variou entre 0,03 e 0,7 mg/L.

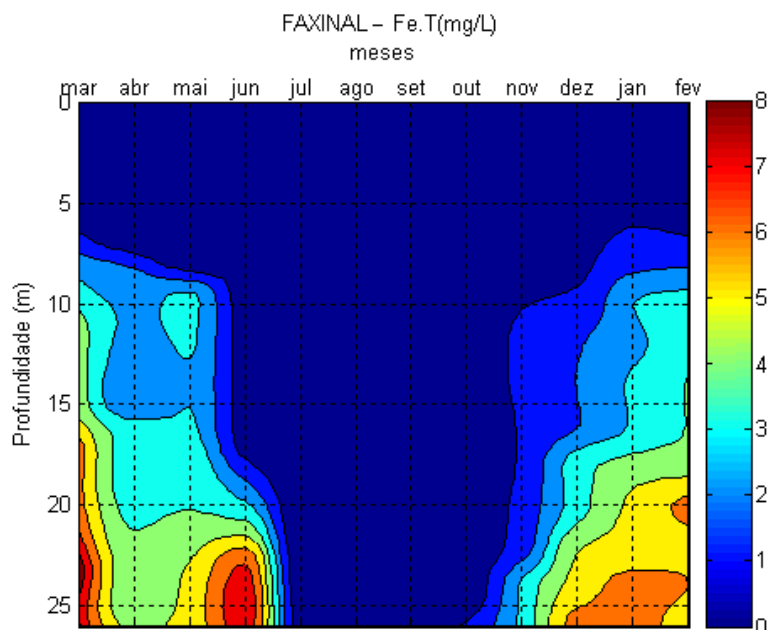


Figura 6: Perfil do ferro com profundidade, ano 2009/2010.

De acordo com a figura 6, nos meses de março e junho são observadas maiores concentrações de ferro total em regiões próximas ao fundo da represa, as condições de baixa oxigenação sugerem que se trata de ferro reduzido (Fe^{2+}). Em abril e julho altas concentrações de oxigênio são distribuídas por toda coluna o que favorece a oxidação para Fe^{3+} , que passa para o sedimento. Durante o período de circulação, o ferro tende a acumular-se no sedimento e grandes quantidades voltaram a ser liberadas a partir de outubro, distribuindo-se no hipolímnio, quando a estratificação já estava estabelecida. Maiores concentrações de ferro afloram à superfície apenas entre outubro e novembro, período em que ocorreram intensas chuvas, conforme figura 4. As concentrações permaneceram num nível de 0,5 mg/L até janeiro, quando a estratificação já tinha sido restabelecida.

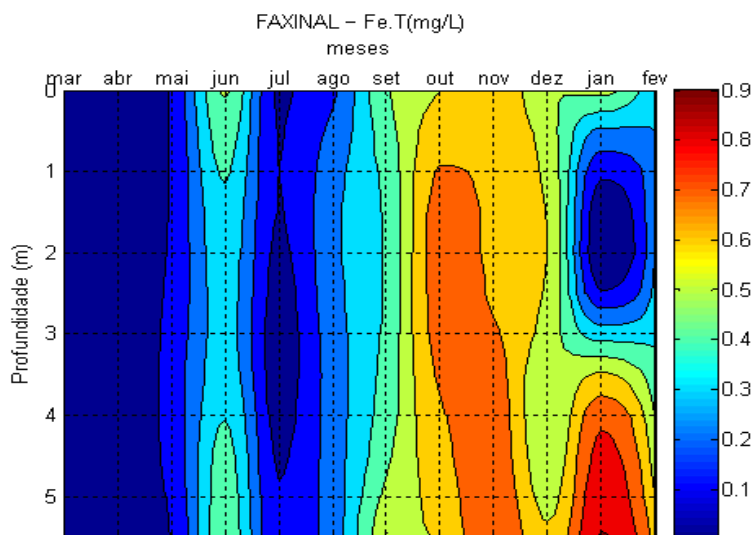


Figura 7: Perfil do ferro no epilímnio.

A comparação entre os gráficos das figuras 6 e 8 sugere que a quantidade de ferro acumulada no fundo da barragem no mês de junho seja ferro solúvel, que confere cor verdadeira à amostra.

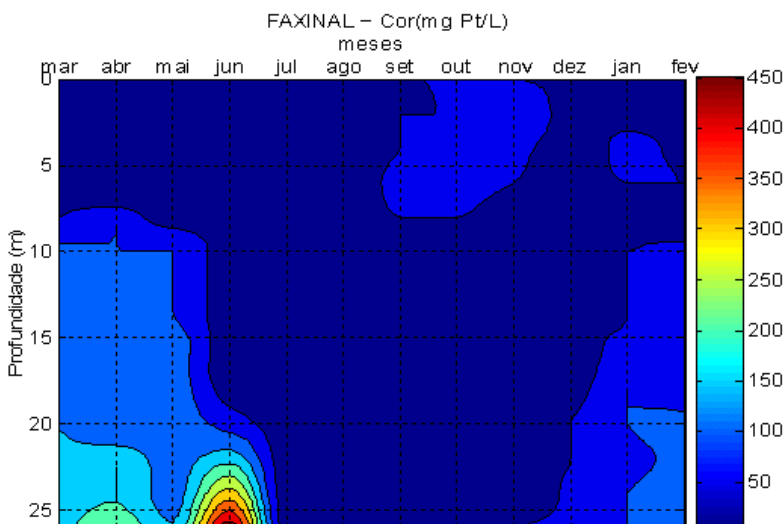


Figura 8: Perfil da cor verdadeira com a profundidade.

Observou-se que a cor verdadeira apresenta correlação com as parcelas solúveis dos compostos de ferro e manganês (Fe^{2+} e Mn^{2+}).

A turbidez, por ser uma medida do espalhamento da luz, tem forte relação com a presença de sólidos suspensos. No estudo em questão, as ocorrências de maiores densidades fitoplantônicas, conforme figura 22, colaboraram para os maiores valores de turbidez.

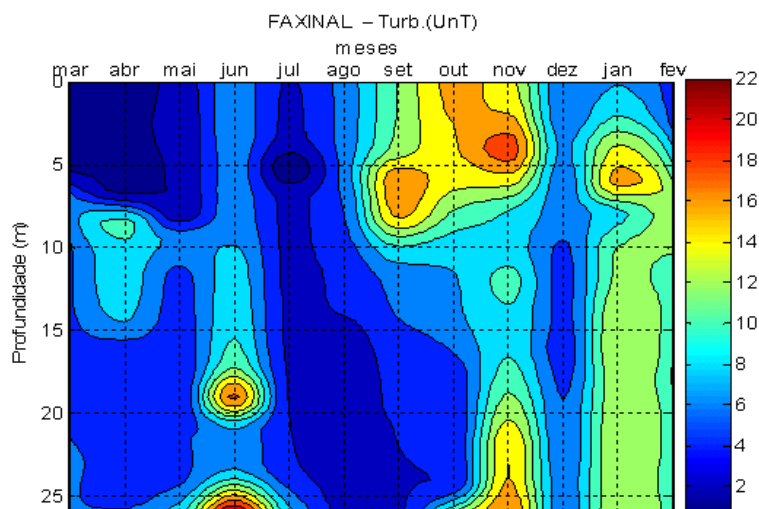


Figura 9: Perfil da turbidez com a profundidade.

Entre março e agosto, a turbidez é baixa, o que favorece o desenvolvimento do fitoplâncton em camadas profundas do hipolímnio, conforme observado nas figuras 14, 15, 16, 19 e 20. Entre setembro e outubro a turbidez no hipolímico é baixa, no entanto, a penetração de luz nesta região deve ser reduzida, devido à elevada turbidez observada nas camadas superiores. Aparentemente, a mais alta turbidez em toda coluna d'água, observada em janeiro, não tem relação com a densidade de fitoplâncton.

De acordo com a figura 10, durante a desestratificação, o perfil de pH apresentou-se levemente ácido em toda coluna d'água. No período compreendido entre setembro e dezembro, o pH chegou a 6,0 para profundidades superiores a 10 m e apresentou comportamento básico para profundidades inferiores a 5 m. Em outubro e novembro, o pH na região próxima à superfície alcançou 8,5.

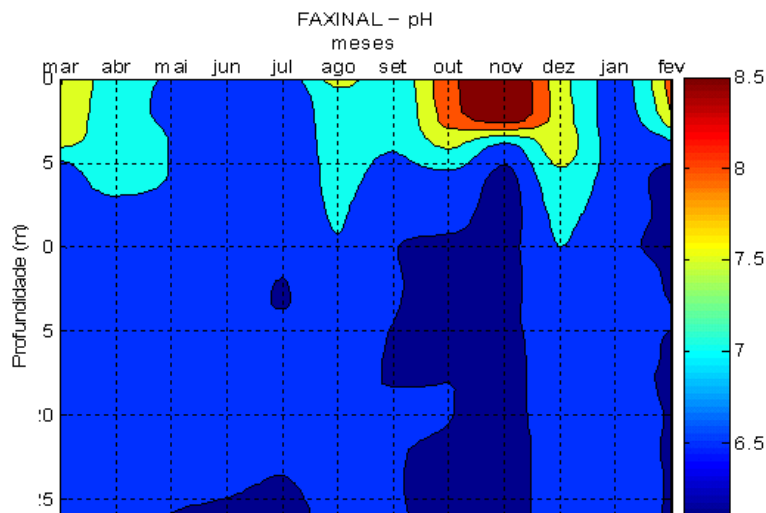


Figura 10: pH na coluna d'água da barragem Faxinal.

A maior produção de fitoplâncton, entre setembro e fevereiro, ocorreu em profundidades inferiores a 5m (figuras 21e 22). Correlaciona-se ao desenvolvimento de maior biomassa de algas a alcalinização do pH na superfície e a acidificação em camadas profundas (figura 10). Pouco após o pico de desenvolvimento das algas (em setembro) foi verificado aumento de turbidez nas camadas profundas da barragem (entre outubro e novembro), conforme figura 9, devido provavelmente à sedimentação de biomassa morta. Entre setembro e janeiro ocorreu queda na concentração de oxigênio em decorrência da atividade respiratória das bactérias (figura 3) que degradam matéria orgânica. Associada com a respiração ocorre a liberação de CO₂, o gás carbônico combinado com água forma o ácido fraco H₂CO₃, o que reduz o pH do meio.

Na figura 11 verifica-se que o comportamento do manganês total é similar ao observado para o ferro. De modo geral, a concentração de manganês é menor em toda a coluna d'água em comparação com o ferro, o que é esperado, porque o basalto é a rocha predominante na bacia.

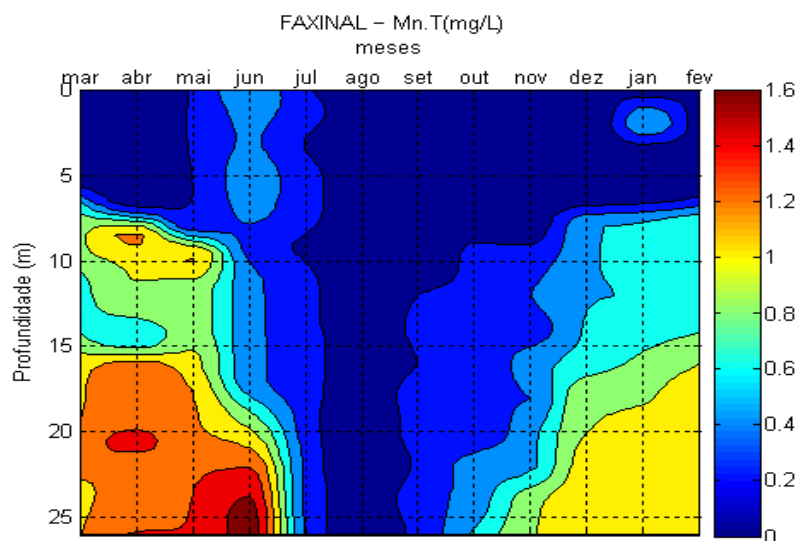


Figura 11: Perfil do manganês total com profundidade.

Na figura 12.1 encontra-se o perfil do fósforo total na coluna d'água em diferentes épocas do ano. O parâmetro fósforo total compreende o fósforo da fase particulada e o da fase dissolvida. Desta forma, os picos de fósforo total observados podem referir-se tanto à biomassa (fósforo incorporado nos seres vivos) conforme figuras 12, 15 e 16, como a fósforo adsorvido a complexos inorgânicos (figuras 6 e 12.1).

Os dados sugerem que a concentração de fósforo foi limitada por reações de oxi-redução do ferro, o que é um indicativo de que a maior parte do fósforo deve estar na forma inorgânica complexada com hidróxidos de ferro hidratados.

A maior concentração de ferro total na fase líquida identificada entre maio e junho é acompanhada por aumento de concentração de fósforo total (figura 12.1). Durante o período de circulação, ocasião em que o ferro provavelmente acumula-se no sedimento, não foram observadas grandes concentrações de fósforo total na fase líquida.

Na fase final da estratificação térmica foi observado um aumento acentuado do conteúdo de fósforo no hipolímnio.

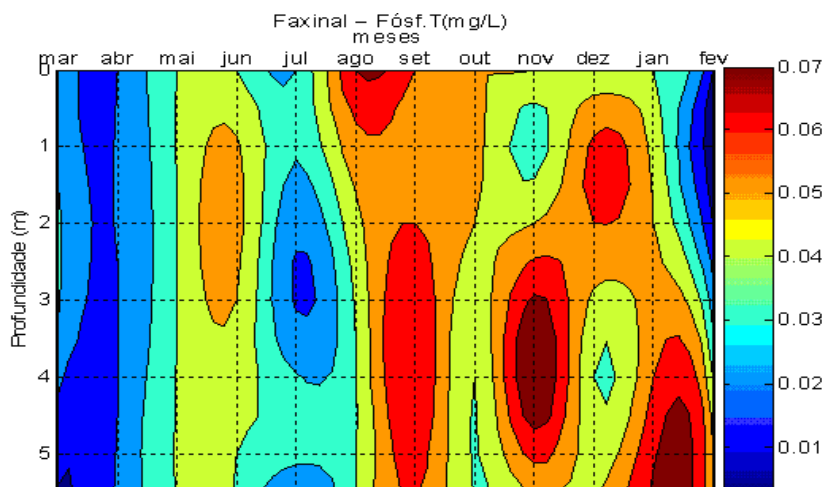


Figura 12: Perfil de fósforo total na coluna d'água – epilímnio.

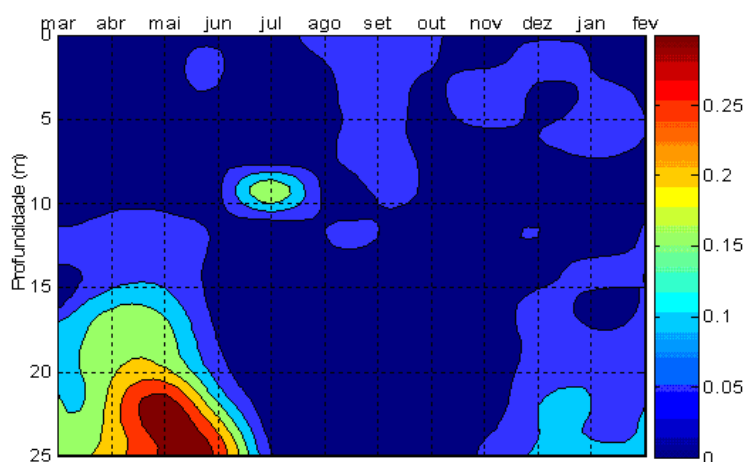


Figura 12.1: Perfil de fósforo na coluna d'água.

No caso do nitrogênio (figura 13), entre agosto e dezembro de 2009, as concentrações em toda a coluna d'água foram baixas. Nos meses em que ocorreu circulação das águas do reservatório, a oxigenação do meio provocou intenso processo de nitrificação, o qual consumiu grande parte da amônia presente. As altas concentrações de nitrogênio amoniacal observadas no hipolímnio durante o período de estratificação provavelmente estão relacionadas com condições anaeróbias, capazes de ocasionar a amonificação do nitrato.

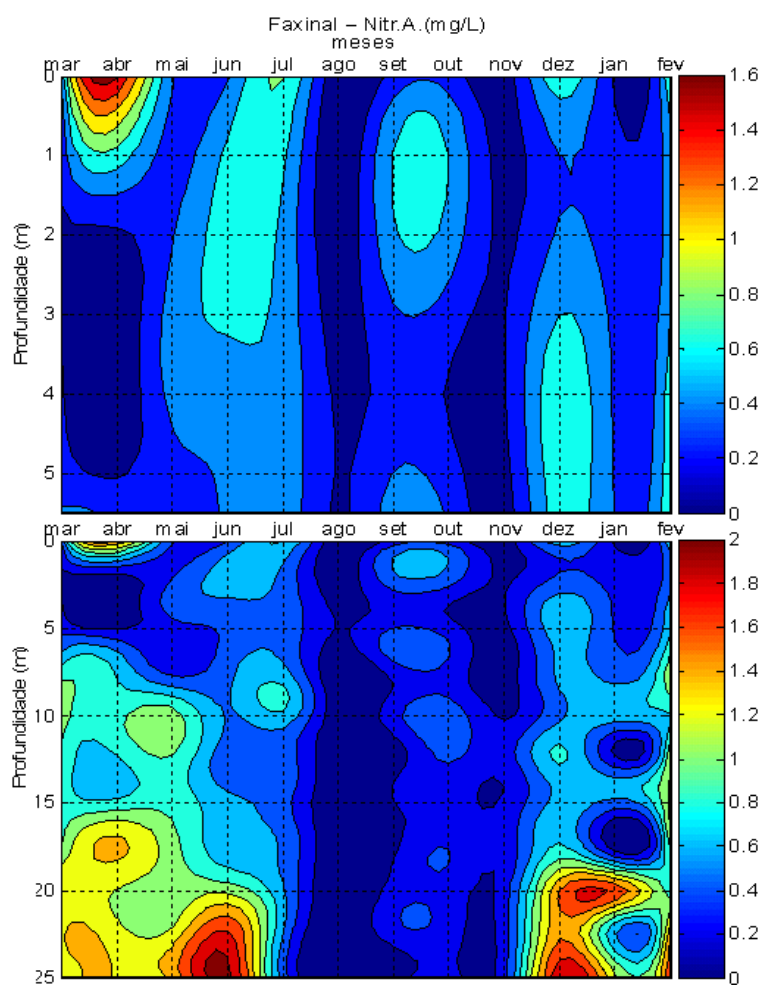


Figura 13: Perfil do nitrogênio amoniacal da coluna d'água.

Nas figuras 14 a 20 serão apresentadas as densidades de fitoplâncton para distintos grupos taxonômicos. Na janela gráfica superior é apresentada a população absoluta. Na janela gráfica inferior, a mesma informação é apresentada em escala logarítmica (\log_{10}), até a profundidade de 26m. A escala logarítmica permite acompanhar a densidade do fitoplâncton em toda a coluna d'água. A escala normal é mais precisa quando o objetivo é comparar a distribuição para um grande número de indivíduos.

De acordo com a figura 14, ocorreram vários períodos de aumento de densidade para o grupo Bacillariophyta. Aparentemente este grupo se desenvolve melhor a uma profundidade de 6m da superfície. No entanto, podem ser encontradas ao longo de toda coluna d'água evidenciando a capacidade de se desenvolver quando a intensidade de luz é menor. O período de mistura também favorece o aumento das diatomáceas pela não perda de sílica para as zonas mais profundas.

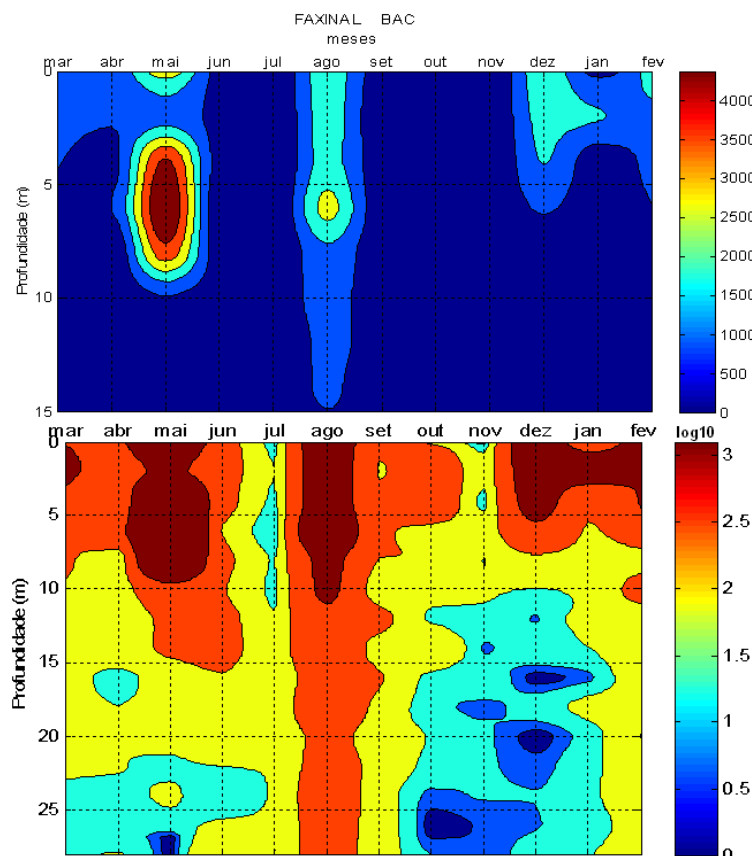


Figura 14: Perfil em escala normal e escala log para o grupo Bacillariophyta.

Na figura 15 encontra-se o perfil da densidade de indivíduos do grupo Chlorophyta. A maior densidade ocorreu no epilânio em setembro.

A densidade do grupo Chlorophyta é maior em comparação com o grupo Bacillariophyta. Conforme a figura 2, ambos os grupos se desenvolveram melhor a 17°C. Concentrações maiores de fósforo (figura 12) foram associadas à maior densidade de fitoplâncton. A maior densidade do grupo Chlorophyta ocorreu imediatamente abaixo da superfície, embora populações de 300 ind/mL tenham sido observadas no fundo da represa durante a desestratificação. O crescimento populacional das Chlorophytas depende do tempo de residência das algas na zona eufótica e dos nutrientes disponíveis no epilânio. O período onde estão mais presentes que compreende setembro, coincide com início da primavera, onde a luminosidade e temperatura começam a aumentar, ficando mais adequadas. Neste período também não tem que competir com os outros grupos, já que estes outros grupos ainda não estão com presença marcante, causando o sombreamento.

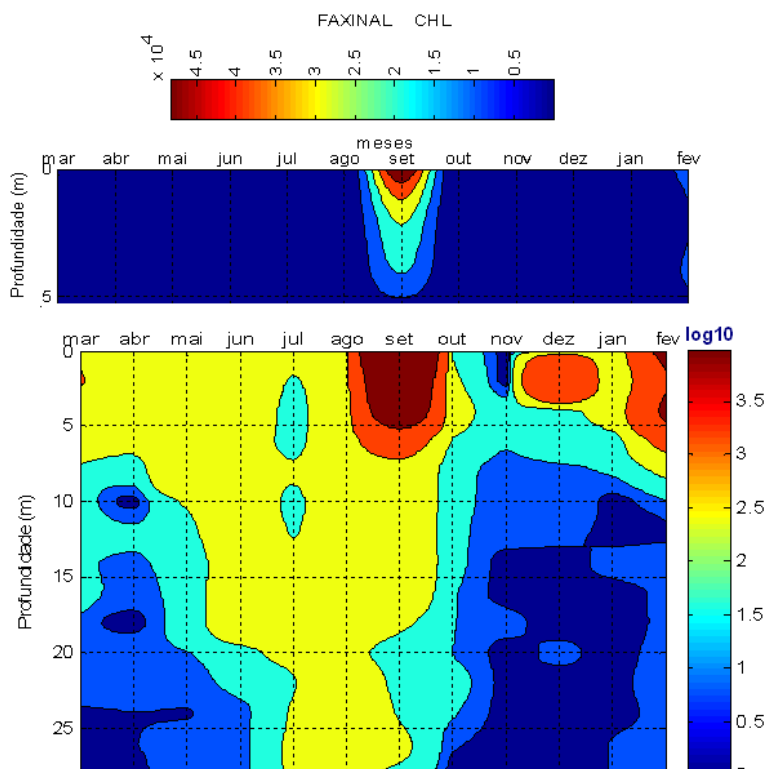


Figura 15: Perfil em escala normal e log para o grupo Chlorophyta.

Na figura 16 estão apresentados os gráficos do grupo Cryptophyta. A maior densidade ocorreu entre julho e setembro, a 2m da superfície, em temperaturas médias de 14°C. Este período coincide com a mistura na coluna d'água tendo o fluxo de nutrientes provenientes do hipolímio e ausência das Cyanophytas que alteram o pH para valores elevados. As Cryptophytas não conseguem se adaptar a pH's elevados. No entanto, este grupo, segundo autores, se caracteriza pela sua presença em densidades baixas entre os picos de outras algas, ocupando variados nichos temporais e espaciais. Observa-se que o grupo Cryptophyta pode se desenvolver em baixas temperaturas e concentrações reduzidas de ferro e manganês. Ao contrário dos grupos Bacillariophyta e Chlorophyta, muito poucos indivíduos do grupo Cryptophyta foram encontrados nas camadas profundas da represa. Contudo, devido a sua mobilidade podem obter nutrientes em diversas profundidades e com turbidez mais acentuada. Soma-se a este fato a capacidade fagotrófica de alimentação favorecendo o grupo em águas com bastante matéria orgânica. Essas características propiciam seu desenvolvimento em ambientes hipertróficos, onde podem atingir altas densidades.

Na figura 17 encontram-se os dados referentes à densidade do grupo Crysophyta. Observa-se que a densidade foi bastante tímida, alcançando no máximo 250 ind/mL. A maior densidade ocorreu em meados de março de 2009 e de janeiro de 2010, sendo restrita ao epilímio, a 3m da superfície. Para o mesmo período e localização o grupo Cryptophyta foi predominante. O grupo das Crysophytas tem preferência por ambientes oligotróficos o que poderia explicar sua baixa densidade na represa que é considerada predominantemente eutrótica.

A densidade do número de indivíduos por mL do grupo Cyanophyta está representado na figura 18. A maior densidade ocorreu entre outubro e dezembro, restrita as camadas superficiais. Uma pequena população (dezenas de indivíduos) de Cyanophyta foi observada durante todo ano, inclusive em camadas profundas do reservatório.

As Cyanophytas desenvolveram-se melhor em temperaturas próximas a 22°C, contudo são resistentes a grandes variações de temperatura. No período da floração, os pH's observados foram elevados, chegando a 8,4, conforme figura 10. A concentração de ferro esteve próxima a 0,5 mg/L, a da manganês por volta de 0,2 mg/L e fósforo em 0,05 mg/L. Em termos de nitrogênio amoniacal, as concentrações observadas foram baixas, próximo a 0,2 mg/L. As cyanophytas são fototróficas obrigatórias e muitas são diazotróficas (capazes de reduzir nitrogênio molecular a amônia para seu crescimento) sendo capazes de aumentar a razão N:P. Os heterocitos são as estruturas especializadas de algumas cianobactérias que permitem a fixação de nitrogênio

atmosférico, possibilitando seu desenvolvimento em ambientes com baixa concentração de compostos nitrogenados. Isso é possível graças a presença da enzima nitrogenase, luz e micronutrientes como o ferro. O aumento da temperatura favorece as cianobactérias. Com as temperaturas elevadas ocorre uma menor solubilidade do CO_2 , deixando-o menos disponível e inibindo desta forma as clorofíceas e favorecendo as cianobactérias que tem baixa constante de saturação para assimilação de CO_2 . Mesmo estando em pouca quantidade o CO_2 já consegue ser assimilado, indo para o bicarbonato que favorece a fotossíntese. Em pH alto as cianobactérias utilizam CO_2 mesmo em concentrações baixas e também conseguem utilizar o HCO_3^- como fonte de carbono inorgânico. Com isso conseguem vantagem em relação aos outros grupos que são eucariontes. Além disso, já foi determinado através de estudos que pH baixo aumenta a atividade de cianófagos, favorecendo portanto, os outros grupos do fitoplâncton.

As cianobactérias apresentam ficobiliproteínas que são pigmentos fotossintéticos acessórios, que auxiliam na captação de luz para fotossíntese, possibilitando sua sobrevivência em ambientes com pouca luz. Como estudos revelam que as cianobactérias têm necessidade de menos energia para manter as estruturas e funções celulares, mesmo em intensidade luminosa baixa podem ter alto crescimento. Assim algumas espécies podem ficar em ambientes sombreados e em maiores profundidades. Consequentemente se ocorrerem florações na superfície, o sombreamento causado pode favorecer algumas cianobactérias, mas os demais grupos não, diminuindo a diversidade. Além disso, muitas podem apresentar aerótopos (vacúolos gasosos) que permitem migração vertical na coluna d'água até a profundidade com intensidade luminosa e concentração de nutrientes favoráveis. O aumento na produção de carotenóides (pigmentos protetores) e a densa mucilagem dos gêneros de florações superficiais propiciam sua permanência na superfície aumentando sua tolerância à luz. As cianobactérias armazenam grãos de polifosfatos em seu citoplasma, que segundo estudos, possibilita com essa armazenagem de fósforo, a realização de duas a quatro divisões celulares, aumentando a biomassa de quatro até trinta e duas vezes.

Águas calmas, baixa velocidade do vento, elevado tempo de residência e estratificação térmica favorecem o grupo para florações, enquanto que mudanças bruscas dos ventos e frentes-frias não. Entretanto também há estudos que indicam a turbulência como disponibilizadora de nutrientes e acinetos dos sedimentos para a formação de florações. Acinetos são células diferenciadas que atuam como esporos de resistência em condições adversas, permitindo a sobrevivência da célula por longos períodos. Embora não tenha sido objeto de estudo nesse trabalho, podemos também mencionar a herbivoria, aquecimento global ou fenômenos como El Niño na atuação das Cyanophytas.

Algumas espécies podem ser tóxicas a outros organismos pelo acúmulo de metabólitos secundários específicos e podem se especializar em relação ao substrato e habitat.

Há registros de florações em condições eutróficas, mas também em ambientes oligotróficos e mesotróficos. Florações são definidas com sendo uma biomassa fitoplanctônica mais elevada que a média do lago, compreendendo geralmente uma ou duas espécies.

O grupo dos Dinoflagelados, representado na figura 19, apresentou o maior número de indivíduos por ml até o início de março, a 2m da superfície. O número de indivíduos não foi muito expressivo. Os dinoflagelados se caracterizam, segundo relatos, por estarem mais presentes nos períodos de transição entre mistura e estratificação, mas podem atingir valores máximos durante o período de estratificação térmica e esgotamento de nutrientes. De qualquer forma o grupo Chrytophyta foi predominante neste período.

O último grupo estudado foi o Euglenophyta e a densidade pode ser visualizada na figura 20. A maior densidade, que não foi muito intensa, ocorreu a 4 m da superfície no mês de abril. Neste mesmo período, os grupos Bacillariophyta e Cryptophyta apresentaram populações relevantes.

No período de setembro a janeiro não foram observados indivíduos do grupo Euglenophyta. Em águas profundas, se percebe pequenas quantidades de indivíduos desse grupo. A pequena densidade dos dinoflagelados e das euglenofitas se justifica por serem grupos considerados de ambientes oligotróficos.

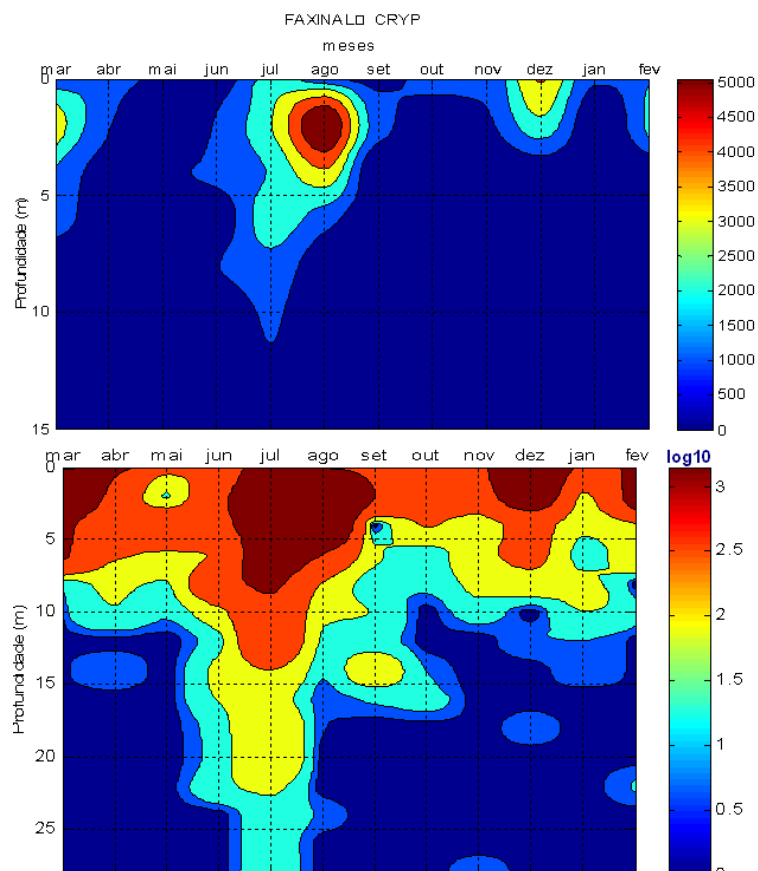


Figura 16: Perfil em escala normal e escala log para o grupo Cryptophyta.

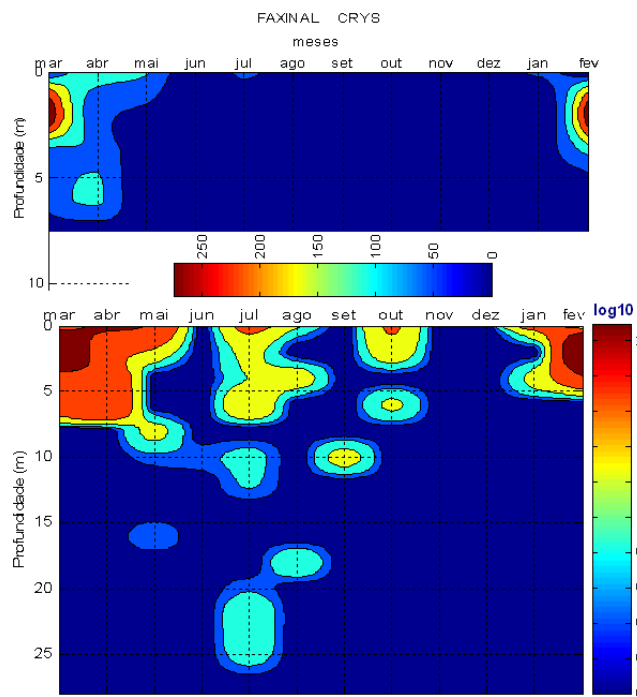


Figura 17: Perfil em escala normal e escala log para o grupo Crysophyta.

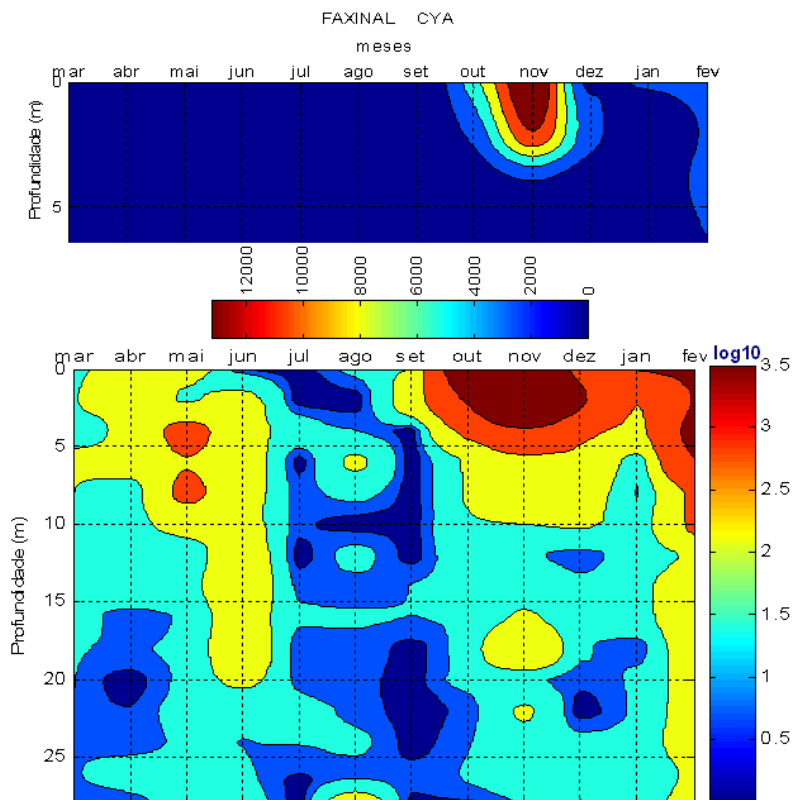


Figura 18: Perfil em escala normal e escala log para o grupo Cyanophyta.

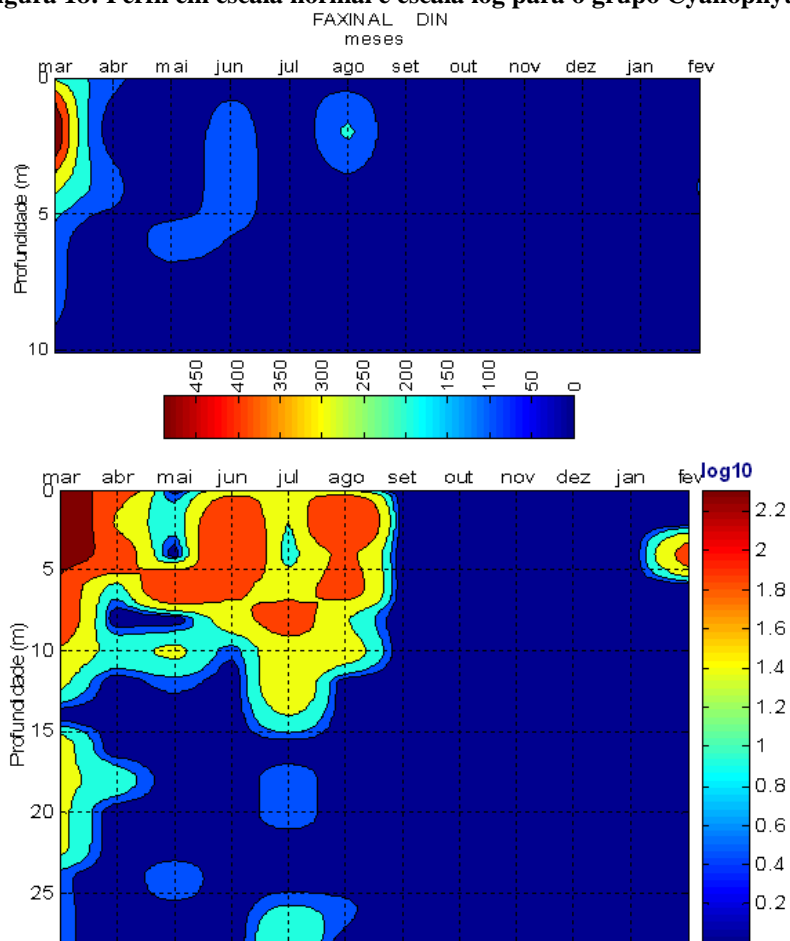


Figura 19: Perfil em escala normal e escala log para o grupo Dinoflagelados.

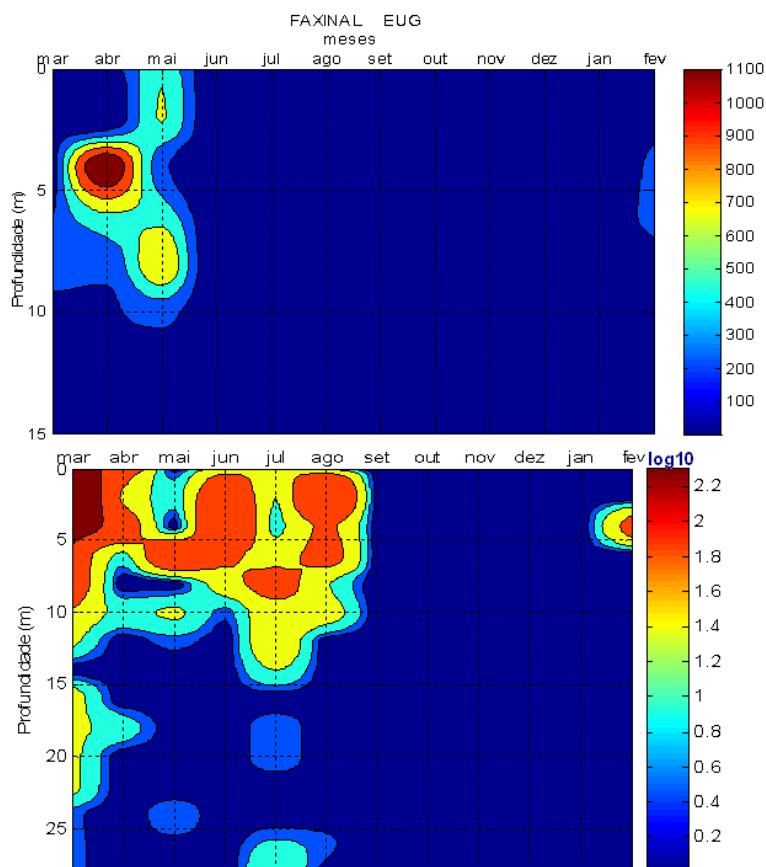


Figura 20: Perfil em escala normal e escala log para o grupo Euglenophyta.

Na figura 21 podem ser visualizados, para cada mês, os perfis dos três principais grupos em diferentes profundidades.

O grupo Chryptophyta é predominante em março. Em abril, os principais grupos são Bacillariophyta e Chryptophyta, juntamente com Euglenophyta. Os Bacillariophyta predominam em maio. Em junho coexistem Bacillariophyta, Cryptophyta e Chlorophyta. Em julho o grupo com maior número de indivíduos foi o Chryptophyta. Em agosto o fitoplâncton foi formado basicamente Bacillariophyta e o Cryptophyta. Em setembro o grupo predominante foi o Chlorophyta. Em outubro e novembro a maior densidade de fitoplâncton foi formada por Cyanophyta. Em dezembro os principais grupos são Chlorophyta, Bacillariophyta, Cryptophyta e Cyanophyta. Em janeiro de 2010 predominam as Cyanophyta e as Bacillariophyta. E por fim, em fevereiro, o grupo Chlorophyta foi o mais representativo.

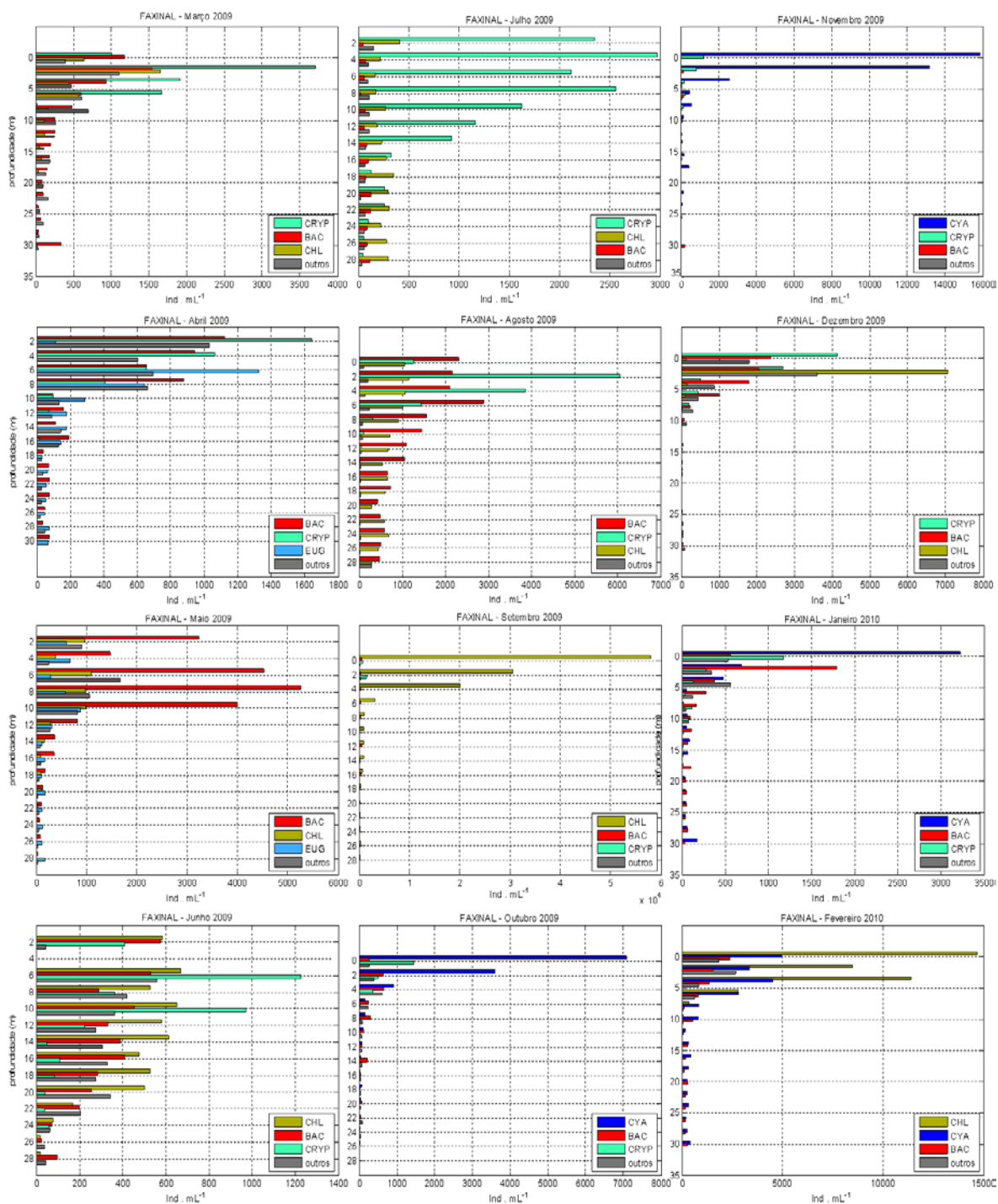


Figura 21: Perfil de coluna d'água em relação ao fitoplâncton.

Na figura 22 está representada a integração da concentração de fitoplâncton com a profundidade da barragem, durante todos os meses do ano.

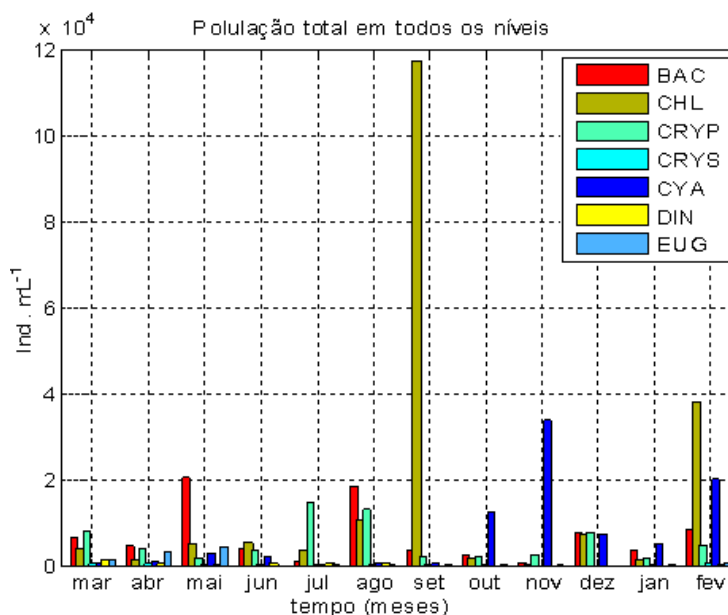


Figura 22: Abundância de grupos fitoplanctônicos no decorrer do ano.

CONCLUSÕES

Através dos dados obtidos pode-se identificar a ocorrência de duas situações predominantes no manancial: uma estratificação acentuada nos meses de verão e uma circulação total no inverno, abrangendo o período entre maio e setembro. Devido a isso, a Barragem do Faxinal classifica-se, em termos de estratificação, como um reservatório monomítico quente (um período de circulação por ano no período do inverno), onde o longo período de estratificação térmica determina o déficit de oxigênio próximo ao fundo do reservatório.

No período de estratificação, o aumento de temperatura gera uma condição amplamente favorável ao crescimento das algas, principalmente, entre setembro e janeiro. O desenvolvimento de fitoplâncton colabora, imediatamente após o período de floração, para o aumento na matéria orgânica sedimentada, isso é verificado indiretamente pelo aumento de turbidez no hipolímnio observado entre outubro e dezembro. A degradação da matéria orgânica (em águas mais quentes, durante o verão) causa diminuição na concentração de oxigênio no hipolímnio. A redução química de espécies durante as condições anóxicas podem frequentemente resultar em dissolução de sólidos sedimentados, o que gera aumento na concentração de nutrientes no hipolímnio, além de produzir acréscimo nas concentrações do ferro e manganês nas formas solúveis. Durante todo o período de estratificação observa-se, no hipolímnio, aumento das concentrações de nitrogênio amoniacal, fósforo total, ferro total e manganês total. O gradual resfriamento torna a estratificação menos intensa. No inverno, durante o período de circulação, as águas enriquecidas em nutrientes do hipolímnio são misturadas às águas superficiais, e as espécies químicas reduzidas (solubilizadas), em exposição ao oxigênio formam óxidos insolúveis, os quais sedimentam, retornando ao ponto inicial do processo.

Os metais ferro e manganês, como já citado, apresentaram comportamento semelhante na coluna d'água. Nos meses de circulação da massa líquida, estes metais se distribuem em toda coluna, em concentrações mais elevadas que as usualmente encontradas, dificultando a operação das estações de tratamento de água.

Os valores de pH variaram bastante na coluna d'água nos meses de estratificação, chegando a atingir o valor máximo de 8,5, época em que o manancial apresentava floração de cianobactérias.

No período de estratificação foram observadas altas concentrações de nitrogênio amoniacal no hipolímnio, atribuídas ao acúmulo de compostos oriundos de processos de decomposição e à amonificação do nitrato devida às baixas concentrações de oxigênio. Uma futura avaliação conjunta do parâmetro nitrato permitirá conclusões mais precisas.

A distribuição vertical do fósforo total variou bastante. Há evidências que a maior parte do fósforo encontra-se complexada aos compostos de ferro. Para os próximos estudos, nos parece recomendável também a avaliação do parâmetro ortofosfato.

O fitoplâncton na coluna de água está presente em todas as profundidades amostradas, variando em quantidades e grupos, ocorrendo um maior destaque para os primeiros dez metros. A ocorrência de baixa turbidez na maior parte do período estudado deve ter propiciado este fato. Os valores de transparência obtidos não foram utilizados no estudo devido ao fato que as análises deste parâmetro não foram realizadas em todas as amostragens. Os grupos de maior representatividade foram das Cryptophytas, diatomáceas ou Bacillariophytas e Chlorophytas. As Euglenophytas se salientaram nos meses de abril e maio de 2009. Os meses de junho, julho e agosto são os que apresentam distribuição mais homogênea do fitoplâncton nas diferentes profundidades da coluna de água. As cianobactérias ou Cyanophytas assumiram posição de destaque nos meses mais quentes, tendo como ponto de partida a primavera. Florações de cianobactérias ocorreram nos meses de outubro e novembro, diminuindo nos meses de dezembro de 2009 e janeiro de 2010 para voltar a se intensificar no mês de fevereiro de 2010, sendo que algumas espécies atingiram grandes profundidades. A maior quantidade de indivíduos por mL de cianobactérias foi encontrada até os quatro metros durante os meses analisados. A presença de florações de cianobactérias potencialmente tóxicas acarretou dificuldades operacionais nas estações de tratamento de água e onerou significativamente o tratamento, visto que nestes períodos foi necessário o emprego de carvão ativado no tratamento da água.

Em situação de equilíbrio ecológico a taxa de crescimento é elevada e a competição entre as espécies é um fator importante. Em situações de não equilíbrio, o crescimento é limitado por fatores ambientais. Na barragem Faxinal, observou-se alternância entre fases de equilíbrio e fases de não equilíbrio. Geralmente, as fases de equilíbrio estão relacionadas à estratificação.

A realização deste trabalho demonstrou a necessidade de estudos das cargas afluentes para um melhor entendimento das variáveis que influenciam a qualidade das águas do reservatório. Para a preservação da qualidade da água do manancial é necessário, além do conhecimento das características limnológicas básicas do mesmo, uma abordagem ampla envolvendo todos os aspectos da bacia hidrográfica. A conjunção destes conhecimentos permitirá a implantação de ferramentas de gerenciamento focadas na prevenção de problemas, visando conservar e proteger a bacia hidrográfica e garantir a qualidade da água fornecida à população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BECKER, V., *A Importância do Regime de Mistura sobre a Dinâmica Fitoplanctônica em Reservatórios Monomíticos: uma abordagem em diferentes escalas temporais*. (2008). Dissertação (Doutorado em Botânica) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
2. BICUDO, C. E. DE M., MENEZES, M. (2005). *Gêneros de Algas de Águas Continentais do Brasil*. São Carlos.
3. CALIJURI, M. C., ALVES, M. S. A., SANTOS, A. C. A. (2006), *Cianobactérias e Cianotoxinas em Águas Continentais*. Rima, São Carlos.
4. ESTEVES, A. F. (1998), *Fundamentos de Limnologia*, Interciência, Rio de Janeiro.
5. FERRÃO, A. S. F., MOLICA, R., AZEVEDO, S. M. F. O. (2009). *Oecologia Brasiliensis, Volume 13*, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, UFRJ, Rio de Janeiro
6. HENRY, R., editor (1999). *Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais*, FAPESP, FUNDIBIO, Botucatu.
7. INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, site www.inmet.gov.br
8. MALMAEUS, J. M., *Predictive Modeling of Lake Eutrophication*, (2004), Dissertação de Doutorado em Filosofia, Department of Earth Sciences, ACTA Universitatis Upsaliensis, Uppsala, Suécia.
9. PHILOMENO M. G., *A Comunidade Fitoplanctônica e a Restauração do Lago Paranoá*, (2007). Dissertação de Doutorado em Ecologia – Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade de Brasília, Brasília/DF.
10. STRASKRABA, M., TUNDISI, J.G, editores (2000). *Diretrizes para o Gerenciamento de Lagos, Volume 9*, International Institute of Ecology, International Lake Environment Committee, São Carlos.
11. WETZEL, R.G. (1993). *Limnologia*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.